

№ 6 (68) ноябрь-декабрь 2011

Издается с 2002 года. Выходит 6 раз в год

Учредитель – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

«Государственный университет –
учебно-научно-производственный комплекс» (Госуниверситет – УНПК)

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 5-26
2. Математическое и компьютерное
моделирование 27-84
3. Информационные технологии
в социально-экономических
и организационно-технических
системах 85-122
4. Телекоммуникационные системы
и компьютерные сети 123-140
5. Информационная безопасность и защита
информации 141-146

Редакция

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

Адрес учредителя журнала

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

Адрес редакции

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

Сдано в набор 15.10.2011 г.
Подписано в печать 25.10.2011 г.
Формат 70x108 1/16.

Усл. печ. л. 7,5. Тираж 300 экз.
Заказ №

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

Подписной индекс 15998
по объединенному каталогу
«Пресса России»

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.

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

©Госуниверситет - УНПК, 2011

№ 6 (68) November-December 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.Yu., 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

Arkhipov O.P. (Orel, Russia)
Averchenkov V.I. (Bryansk, Russia)
Bok T. (Munich, Federal Republic of Germany)
Gayndrik 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 Yu.V. (Khanty-Mansiysk, Russia)
Koskin A.V. (Orel, Russia)
Markaryan G. (Lancaster, Great Britain)
Podmaster'iev K.V. (Orel, Russia)
Polyakov A.A. (Moscow, Russia)
Raspopov V.Ya. (Tula, Russia)
Sotnikov V.V. (St. Petersburg, Russia)

*It is sent to the printer's on 15.10.2011,
25.10.2011 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.

In this number

1. Software of the computer facilities
and the automated systems 5-26
2. Mathematical modeling
and computer simulation..... 27-84
3. An information technologies in socio-
economic and organizational-technical
systems 85 -122
4. Telecommunication systems
and computer networks 123-140
5. The information security and information
protection 141-146

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;
E-mail: unpk@ostu.ru*

The address of the editorial office

*302020, Orel, Highway Naugorskoe, 40
(4862) 43-40-39; www.ostu.ru;
E-mail: isit@ostu.ru*

*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>МУРОМЦЕВ В.В., ЛОМАКИН В.В., МИШУНИН В.В.</i> Подход к улучшению алгоритмов грамматического сжатия	5
<i>ЧЕРНОВ А.Ф.</i> Модификация индексов на основе R-деревьев для ускорения поиска	10
<i>ШИШКОВ И.И.</i> Линейная фильтрация растровых изображений с использованием графического ускорителя	19

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

<i>АВРАШКОВ П.П., КОСЬКИН А.В., ТЕРЕНТЬЕВ С.В., ФРОЛОВ А.И., ВЕТРОВ Р.А.</i> Анализ методов и подходов к моделированию компонентов сложных организационно-технических систем	27
<i>АФОНИН С.И., ЕРЕМЕНКО В.Т., ПАРАМОХИНА Т.М., КУЗЬМИНА Л.В., ПЛАЩЕНКОВ Д.А.</i> Моделирование информационных потоков в сетях передачи данных интегрированных АСУ	35
<i>ИВАЦУК О.Д.</i> Интеллектуализация автоматизированных систем управления экологической безопасностью территорий жилой застройки	43
<i>МУСАЕВ А.А., СКВОРЦОВ М.С.</i> Контроль и оптимизация надежности технических систем на стадии проектирования	49
<i>ПОТАПОВ Д.А., МОДЯЕВ А.Д., РУДАКОВ А.М.</i> Компьютерное моделирование и прогнозирование свойств растворов электролитов	57
<i>САВИНА А.Л.</i> Математическая модель принятия решений агентами в имитационной модели миграционных потоков	66
<i>ШПЕХТ И.А., САМСОНОВ А.Ю.</i> Разработка информационной системы принятия решений с изменяющимися в реальном времени правилами на основе динамической нечеткой базы знаний	73

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ И ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

<i>АРХИПОВ О.П., ИВАЦУК О.А., КОНСТАНТИНОВ И.С., САВИНА О.А.</i> Пути создания автоматизированной системы управления инновационным «умным городом»	85
<i>БАНАСИКОВСКА Я.</i> Анализ результатов испытаний качества и концепция стандартизации построения интернет-сайтов учреждений, предоставляющих государственные услуги в Польше	93
<i>БЕЛОВ В.П., ЦВЕТКОВ В.В.</i> Моделирование социально-экономических и политических процессов в концепции корпоративных долговых обязательств.....	100
<i>КУРНИКОВ А.В., САМОХИН А.В.</i> Формирование информационно-образовательного ресурса по физике для студентов технических направлений подготовки.....	106
<i>ПРЕСНЕЦОВА В.Ю.</i> Методика организации управления деятельностью структурных подразделений и профессорско-преподавательского состава ВУЗА	115

ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ СЕТИ

<i>ДУБРОВИН А.Г.</i> Способ динамического резервирования пропускной способности в спутниковых сетях интерактивного доступа	123
<i>ЛАЗАРЕВ С.А., ДЕМИДОВ А.В.</i> Применение технологии обратного проксирования в рамках системы управления информационным обменом сети корпоративных порталов.....	129
<i>СУХАНОВ В.И., ТИМОШЕНКО С.И., ЧЕРНИН Р.М.</i> Исследование визуализации данных с применением открытых геоинформационных сервисов	135

ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

<i>КОМАШИНСКИЙ В.В., КУЦАКИН М.А.</i> Формирование предложений по разработке адаптивной структуры IP-шифратора и оценки его работы	141
--	-----

CONTENT

SOFTWARE OF THE COMPUTER FACILITIES AND THE AUTOMATED SYSTEMS

<i>MUROMTSEV V.V., LOMAKIN V.V., MISHUNIN V.V.</i> The approach to grammatical compression algorithms improvement	5
<i>CHERNOV A.F.</i> Modification of index access methods, based on R-trees	10
<i>SHISHKOV I.I.</i> Linear filtering of raster images using a graphical accelerator.....	19

MATHEMATICAL AND COMPUTER SIMULATION

<i>AVRASHKOV P.P., KOSKIN A.V., TERENT'EV S.V., FROLOV A.I., VETROV R.A.</i> The analysis of methods and approaches for modeling of components of the complex organizational-technical systems.....	27
<i>AFONIN S.I., EREMENKO V.T., PARAMOKHINA T.M., KUZMINA L.V., PLASHENKOV D.A.</i> Modeling information flows in the data transmission network integrated ACS.....	35
<i>IVASHCHUK O.D.</i> Intellectualization of the automated control systems by ecological safety on the territories of the housing estate	43
<i>MUSAEV A.A., SKVORTSOV M.S.</i> Technical system reliability control and optimization at design stage.....	49
<i>POTAPOV D.A., MODYAEV A.D., RUDAKOV A.M.</i> Computer modelling and prediction of electrolytes solution properties.....	57
<i>SAVINA A.L.</i> Mathematical model for agent's decision making process in simulation model of migration flows.....	66
<i>SHPEKHT I.A., SAMSONOV A.Yu.</i> Development of the information sistem of decisions with variable real-time rules based on the dynamic fuzzy knowledge base.....	73

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

<i>ARKHIPOV O.P., IVASHCHUK O.A., KONSTANTINOV I.S., SAVINA O.A.</i> Ways of creation of the automated control system by innovative «smart city».....	85
<i>BANASIKOWSKA Ya.</i> Quality research findings analysis and conception of construction standardization of internet agencies' services proclaiming public services.....	93
<i>BELOV V.P., TSVETKOV V.V.</i> ... Modelling of social and economic and political processes in the concept of corporate promissory notes	100
<i>KURNIKOV A.V., SAMOKHIN A.V.</i> Development of information-educational resource on the physics for students of technical specialties.....	106
<i>PRESNETSOVA V.Yu.</i> Technique of organization management activity of organization development and teaching staff of institute of higher education	115

TELECOMMUNICATION SYSTEMS AND COMPUTER NETWORKS

<i>DUBROVIN A.G.</i> A dynamic resource allocation method of the link capacity in interactive satellite communication networks.....	123
<i>LAZAREV S.A., DEMIDOV A.V.</i> Reverse proxy server within the control information exchange network web-portals	129
<i>SUKHANOV V.I., TIMOSHENKO S.I., CHERNIN R.M.</i> Research of visualization of data with application of open geoinformation services	135

THE INFORMATION SAFETY

<i>KOMASHINSKIY V.V., KUTSAKIN M.A.</i> Formation of proposals to develop adaptive structure IP-encoder and evaluation of his work	141
--	-----

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ

УДК 004.627

В.В. МУРОМЦЕВ, В.В. ЛОМАКИН, В.В. МИШУНИН

ПОДХОД К УЛУЧШЕНИЮ АЛГОРИТМОВ ГРАММАТИЧЕСКОГО СЖАТИЯ

Рассмотрены вопросы построения алгоритмов грамматического сжатия. Рассмотрен алгоритм SEQUITUR, являющийся одним из наиболее известных алгоритмов, использующийся при построении кодов, основанных на грамматиках. Предложен подход к улучшению алгоритмов грамматического сжатия.

Ключевые слова: сжатие; сжатие без потерь; грамматические модели; контекстно-свободная грамматика; алгоритм SEQUITUR.

Объемы передаваемых и хранимых данных постоянно увеличиваются. Поэтому, несмотря на существенный прогресс в развитии устройств, использующихся для передачи и хранения данных, проблема сжатия данных остается актуальной. Существует множество методов и алгоритмов сжатия данных. Наименее исследованы алгоритмы сжатия, основанные на использовании грамматических моделей. Такие алгоритмы будем называть алгоритмами грамматического сжатия. Развитие методов и алгоритмов грамматического сжатия актуально, поскольку их применение в ряде случаев позволяет не только сжать данные, но и выявить полезные структурные зависимости в данных. В работе рассматриваются некоторые вопросы построения алгоритмов грамматического сжатия без потерь, наиболее известный из алгоритмов этого класса и один из подходов к улучшению таких алгоритмов.

Любые данные можно представить как цепочку $x = x_1 \dots x_n$, составленную из символов некоторого алфавита. В работе [1] для сжатия цепочки x используется контекстно-свободная (КС) грамматика $G^x = (N, T, R, S)$, где N – множество нетерминальных символов, T – множество терминальных символов, R – множество КС-правил, S – начальный нетерминальный символ.

Особенностью грамматики G^x является то, что она производит единственную цепочку x . Сжатие исходной цепочки x без потерь осуществляется в два этапа:

- 1) на основе анализа цепочки x строится грамматика G^x ,
- 2) грамматика G^x кодируется.

Восстановление исходных данных также осуществляется в два этапа:

- 1) декодируется грамматика G^x ,
- 2) цепочка x выводится на основании G^x .

Для минимизации грамматики G^x в [1] определены правила грамматического преобразования. На основе этих правил можно проектировать различные алгоритмы автоматического построения G^x . Наиболее известным является алгоритм Sequitur [2]. Алгоритм основан на процедуре жадного поиска. Цепочка x просматривается слева направо. При этом на каждой итерации уточняется грамматика G^x . На первой итерации, т.е. когда просматривается символ x_1 , формируется начальное правило $S \rightarrow x_1$. На последующих итерациях ($i=2, \dots, n$) правая часть начального правила расширяется символом x_i . В результате получается правило $S \rightarrow \gamma x_i$, где $\gamma \in (N \cup T)^*$. После каждого расширения начального правила выполняются следующие действия:

1) если цепочка $\alpha\beta$, где $\alpha, \beta \in N \cup T$, появляется в правой части КС-правил R дважды, то эту цепочку следует заменить новым символом $C \in N$ и во множество R включить правило $C \rightarrow \alpha\beta$.

2) если некоторый символ $C \in N$ появляется в правой части КС-правил только один раз в некотором правиле $D \rightarrow \lambda C \omega$, то из множества R следует удалить правило $C \rightarrow \gamma$ и заменить правило $D \rightarrow \lambda C \omega$ правилом $D \rightarrow \lambda \gamma \omega$, где $\lambda, \gamma, \omega \in (N \cup T)^*$.

Смысл перечисленных действий состоит в том, чтобы на выходе алгоритма получилась компактная грамматика. От компактности грамматики G^x зависит степень сжатия алгоритма, построенного на ее основе. Для оценки компактности грамматики G^x будем использовать суммарное число символов, используемых при записи КС-правил G^x . Обозначим это число $L(G^x)$. Если $L(G^{x_1}) > L(G^{x_2})$, то грамматика G^{x_2} компактнее грамматики G^{x_1} .

Пример 1. Для цепочки $x=aaaaababbabbabbbbbb$ алгоритм Sequitur сгенерирует грамматика G^{x_1} :

$$\begin{aligned} S &\rightarrow A_1 A_1 A_2 A_3 A_3 A_3 A_4 A_4 \\ A_1 &\rightarrow aa \\ A_2 &\rightarrow ab \\ A_3 &\rightarrow A_2 b \\ A_4 &\rightarrow bb. \end{aligned}$$

Для полученной грамматики $L(G^{x_1})=26$.

Достоинством алгоритма Sequitur является высокое быстродействие. Однако можно показать, что этот алгоритм синтезирует не наилучшие грамматики с точки зрения их компактности.

Пример 2. Для цепочки $x=aaaaaaaaaa$ алгоритм Sequitur синтезирует грамматику $G^{x_{2,1}}$:

$$\begin{aligned} S &\rightarrow A_1 A_1 a \\ A_1 &\rightarrow A_2 A_2 \\ A_2 &\rightarrow aa \end{aligned}$$

Оценка компактности этой грамматики $L(G^{x_{2,1}})=13$. Однако эту же цепочку можно представить грамматикой $G^{x_{2,2}}$:

$$\begin{aligned} S &\rightarrow A_1 A_1 A_1 \\ A_1 &\rightarrow aaa. \end{aligned}$$

Для данной грамматики $L(G^{x_{2,2}})=10$. Таким образом, грамматика $G^{x_{2,2}}$ компактнее, чем грамматика $G^{x_{2,1}}$, синтезированная алгоритмом Sequitur.

Задача поиска компактных грамматик является основной задачей при сжатии данных на основе грамматических моделей. Разработка алгоритмов, позволяющих синтезировать компактные грамматики или эквивалентные им грамматические модели, может вестись в двух направлениях:

1) улучшение существующих и разработка новых алгоритмов синтеза КС-грамматик основанных на правилах грамматического преобразования определенных в [1].

2) разработка новых грамматических моделей и алгоритмов их синтеза.

Первое направление, скорее всего, может привести только к незначительному повышению компактности синтезируемых грамматик за счет неоправданного усложнения алгоритмов их синтеза. Второе направление более перспективно. В работе предлагается

новая грамматическая модель, обладающая большей компактностью по сравнению с КС-грамматиками, используемыми в [1] и в алгоритме Sequitur.

В [1] используются КС-грамматика G^x , на правила которой наложены следующие ограничения:

1) запрещено использовать рекурсивные КС-правила, т.е. правила с нетерминальным символом A в левой части, для которых выполняется $A \Rightarrow^* \alpha A \beta$, где $\alpha, \beta \in (N \cup T)^*$, $\alpha \neq \varepsilon$, и (или) $\beta \neq \varepsilon$, ε – пустая цепочка [3].

2) запрещено использовать более одного КС-правила с некоторым нетерминальным символом A в левой части.

Оба ограничения обусловлены тем, что с помощью КС-грамматики G^x должна выводиться единственная цепочка x .

В работе предлагается подход к улучшению алгоритмов грамматического сжатия, основанный на использовании КС-грамматик, которые, в отличие от [1], могут содержать рекурсивные КС-правила и могут иметь одно или два КС-правила с одинаковыми нетерминальными символами в левой части.

Расширим традиционное понятие КС-грамматики путем введения понятия глубины рекурсии. Пусть $A \rightarrow \gamma$ – КС-правило и $A \Rightarrow^* \alpha A \beta$. Глубина рекурсии КС-правила – это число подстановок цепочки γ в цепочку $\alpha A \beta$ вместо символа A , которые требуется выполнить во время выполнения процедуры вывода.

Если для некоторого КС-правила $A \rightarrow \gamma$ задана глубина рекурсии, равная k , то будем использовать следующее обозначение: $A(k) \rightarrow \gamma$. Для общности кодировки КС-правил, содержащих и не содержащих рекурсию, будем считать, что КС-правила без рекурсии имеют глубину рекурсии равную 1.

При оценке компактности таких грамматик также следует суммировать все символы, используемые при записи КС-правил, за исключением круглых скобок, в которых заключено значение глубины рекурсии. Эти скобки не требуют кодирования и используются только для наглядности записи правил.

Пример 3. Для порождения цепочки $x=aaaaababbabbabbbbbb$ можно использовать следующую грамматику G^x_3 :

$$\begin{aligned} S(5) &\rightarrow aSb \\ S(1) &\rightarrow A_1 \\ A_1(3) &\rightarrow A_1bab \\ A_1(1) &\rightarrow \varepsilon. \end{aligned}$$

Полученная грамматика имеет оценку компактности $L(G^x_3)=21$, что меньше оценки $L(G^x_1)=26$ грамматики G^x_1 из примера 1, полученной с помощью алгоритма Sequitur для той же цепочки x .

Следует отметить, что при выводе единственной цепочки с помощью грамматики, содержащей рекурсивные правила, эти правила имеют приоритет над правилами без рекурсии. Вывод цепочки x с помощью грамматики G^x_3 будет следующий:

$$\begin{aligned} aSb &\Rightarrow aaSbb \Rightarrow aaaSbbb \Rightarrow aaaaSbbbb \Rightarrow aaaaaSbbbbb \Rightarrow aaaaaA_1bbbb \\ A_1bab &\Rightarrow A_1babbab \Rightarrow A_1babbabbab \Rightarrow \varepsilon babbabbab = babbabbab \\ aaaaaA_1bbbb &\Rightarrow aaaaababbabbabbbbbb. \end{aligned}$$

Пример 4. Для порождения цепочки $x=aaaaaaaaa$ из примера 2 можно использовать грамматику G^x_4 :

$$\begin{aligned} S(9) &\rightarrow Sa \\ S(1) &\rightarrow \varepsilon. \end{aligned}$$

Данная грамматика имеет оценку компактности $L(G^x_4)=9$, что меньше оценок $L(G^x_{2,1})=13$ и $L(G^x_{2,2})=10$ грамматик из примера 2.

Введя понятие глубины рекурсии и присвоив правилам приоритеты, мы в определенной степени устранили ограничения на правила КС-грамматики G^x , введенные в [1] с целью вывода единственной цепочки x . Теперь в G^x можно использовать рекурсивные КС-правила, также можно использовать два КС-правила с одинаковыми нетерминальными символами в левой части, при этом одно из них должно быть рекурсивным (иметь глубину рекурсии больше 1), а другое должно быть без рекурсии (иметь глубину рекурсии, равную 1).

В принципе, можно ввести и другие соглашения, расширяющие вид грамматик, порождающих единственную цепочку. Однако процедуры поиска таких грамматик по исходной цепочке могут оказаться неоправданно сложными.

Для упрощения кодирования два КС-правила, содержащие один и тот же нетерминальный символ в левой части, будем записывать в сокращенной форме [3]. Запишем грамматики из примеров 3 и 4 в сокращенной форме.

Грамматика G^x_3 :

$$S(5) \rightarrow aSb \mid A_1$$

$$A_1(3) \rightarrow A_1bab \mid \varepsilon.$$

Грамматика G^x_4 :

$$S(9) \rightarrow Sa \mid \varepsilon.$$

При такой записи оценки компактности будут уменьшены. Сокращенная запись рекурсивного и нерекурсивного правила уменьшает общую оценку компактности грамматики на 2. Оценка компактности $L(G^x_3)$ уменьшится с 21 до 17, а $L(G^x_4)$ – с 9 до 7.

Итак, методы грамматического сжатия основаны на том, что сжатие цепочки x осуществляется не напрямую. Вначале производится попытка выявить некоторые синтаксические закономерности в x и получить простую грамматику G^x , порождающую x , а затем сжать G^x вместо сжатия x . В работе предлагается подход к улучшению алгоритмов грамматического сжатия, основанный на использовании КС-грамматик, на правила которых наложены менее жесткие ограничения, чем в [1]. Само понятие КС-грамматики расширено за счет введения понятия «глубина рекурсии КС-правила». Это позволяет найти в исходной цепочке символов более глубокие синтаксические закономерности и получить более компактные грамматики и более высокую степень сжатия.

Работа выполнена при финансовой поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы. ГК № 14.740.11.0591 от 05.10.2010.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kieffer J.C., E.-H. Yang. Grammar-based codes: new class of universal lossless source codes. IEEE Trans. Inform. Theory, 46(3):737-754. – May, 2000.
2. Sequitur [Электронный ресурс]. – URL: <http://sequitur.info/>.
3. Ахо А., Ульман Дж. Теория синтаксического анализа, перевода и компиляции. – Т. 1. – Синтаксический анализ. – М.: Мир, 1978.

Муромцев Виктор Владимирович

ФГАОУ ВПО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»,
г. Белгород

Кандидат технических наук, доцент кафедры математического и программного обеспечения информационных систем

Тел.: (4722) 30-13-53

E-mail: muromtsev@bsu.edu.ru

Ломакин Владимир Васильевич

ФГАОУ ВПО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»,
г. Белгород
Кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой информационного менеджмента
Тел.: (4722) 30-12-94
E-mail: lomakin@bsu.edu.ru

Мишунин Вадим Васильевич

ФГАОУ ВПО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»,
г. Белгород
Кандидат технических наук, доцент кафедры информационного менеджмента
Тел.: (4722) 30-12-94
E-mail: mishunin@bsu.edu.ru

V.V. MUROMTSEV (*Candidate of Engineering Sciences, the senior lecturer, Managing department of mathematical support and software for information systems*)

V.V. LOMAKIN (*Candidate of Engineering Sciences, the senior lecturer, Managing department of information management*)

V.V. MISHUNIN (*Candidate of Engineering Science., the senior lecturer, Managing department of information management*)
FSAEU HPE «Belgorod state national research university»

THE APPROACH TO GRAMMATICAL COMPRESSION ALGORITHMS IMPROVEMENT

The problems of constructing a grammatical compression algorithms. The algorithm SEQUITUR, which is one of the most popular algorithms used in the construction of codes based on grammars. An approach to improving compression algorithms grammar.

Keywords: *compression; lossless compression; the grammatical model; context-free grammar; the algorithm SEQUITUR.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Kieffer J.C., E.-H. Yang. Grammar-based codes: new class of universal lossless source codes. IEEE Trans. Inform. Theory, 46(3):737-754. – May, 2000.
2. Sequitur [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://sequitur.info/>.
3. Axo A., Ul'man Dzh. Teoriya sintaksicheskogo analiza, perevoda i kompilyacii. – Т. 1. – Sintaksicheskij analiz. – М.: Mir, 1987.

МОДИФИКАЦИЯ ИНДЕКСОВ НА ОСНОВЕ R-ДЕРЕВЬЕВ ДЛЯ УСКОРЕНИЯ ПОИСКА

Статья посвящена модификации индексных методов доступа в СУБД, основанных на R-деревьях. Доработка направлена на ускорение поиска с использованием индекса; она основана на добавлении в структуру индекса специальной информации. Использование этой информации позволяет существенно оптимизировать процесс поиска. Модификация включает три этапа. На каждом этапе модификации вносятся изменения во внутреннюю структуру поискового дерева. Результаты замеров производительности подтверждают эффективность данной модификации. В дальнейшем данная доработка R-деревьев будет внедрена в СУБД PostgreSQL. Реализованный подход можно применять в любой СУБД.

Ключевые слова: СУБД; индекс; метод доступа; R-деревья; PostgreSQL; ускорение поиска; сложные типы данных.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время индексные методы доступа к данным прошли большой путь развития и совершенствования. Существует множество подходов к построению поисковых индексов, таких, как использование битовых карт, хеш-индексов, структур B-деревьев, B+-деревьев, R-деревьев и других. Всех их объединяет то, что для базы данных строятся специальные дополнительные структуры данных, использование которых ускоряет поиск данных. Однако очень редко индексные методы доступа к данным отличаются универсальностью в применении к различным типам данных. Для некоторых, особенно сложных и специфических типов данных, необходимо выбирать или даже реализовывать новые методы быстрого доступа. В этом заключается актуальность проблемы на сегодняшний день.

В настоящее время уже существуют обобщенные методы доступа к данным различных типов. Как правило, они базируются на аппарате R-деревьев как обладающем наибольшей гибкостью. Например, структура GIST-индекса, предложенная профессором Беркли Джозефом Хеллерстейном. GiST представляет собой сбалансированное (по высоте) R-дерево, концевые узлы (листья) которого содержат пары (key, rid), где key – ключ, а rid – указатель на соответствующую запись на странице данных. Внутренние узлы содержат пары (p, ptr), где p – это некий предикат (используется как поисковый ключ), выполняющийся для всех наследных узлов, а ptr – указатель на другой узел в дереве [1]. Данная структура индекса используется в СУБД PostgreSQL, имеющей свободную BSD лицензию, большую функциональность и возможности расширения.

В свете постоянно увеличивающихся размеров баз данных растет нагрузка на методы доступа к данным. Таким образом, индексный метод доступа должен быть не только универсальным, но и удовлетворять современным требованиям эффективности.

АНАЛИЗ И ПЛАНИРОВАНИЕ РЕАЛИЗАЦИИ

Для индексирования линейных данных (числа, символы, даты и т.д.), как правило, используются B-деревья ввиду их простоты реализации и высокой производительности. В свою очередь, R-деревья успешно применяются для данных, которые нельзя отсортировать вдоль одной оси. [2] Для индексирования таких типов данных необходимо использовать вспомогательную информацию в качестве поискового ключа. Произведенная в данной работе модификация индекса направлена на ускорение поиска данных, представляющих собой множества элементов (текст, числовые массивы и т.п.).

Подобно B-деревьям, R-дерево представляет собой ветвистую сбалансированную древовидную структуру, но с разной организацией внутренних и листовых страниц. В

листовых узлах R-деревьев хранятся указатели на индексируемые объекты, а во внутренних узлах находится дополнительная информация об объектах (предикат, выполняющийся для всех наследных узлов) – сигнатура. [3] В данной работе модификация сигнатур выполнена на примере индексирования текстовых данных (рис. 1).

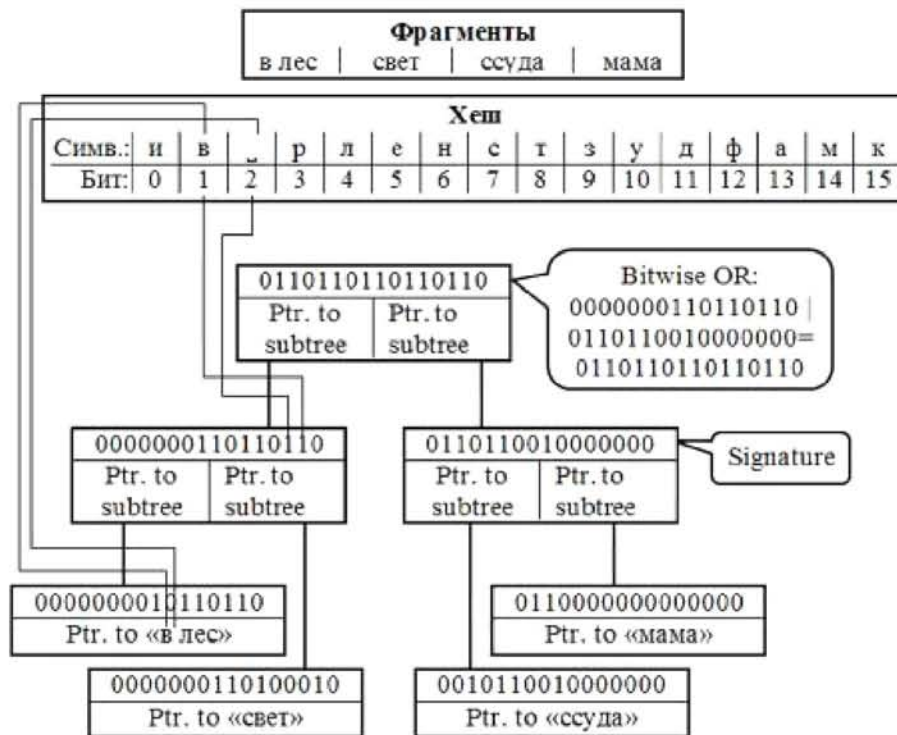


Рисунок 1 – Пример R-дерева для индексации текста

Как видно из рисунка, сигнатуры внутренних узлов представляют собой набор признаков наличия в искомой фразе отдельных разновидностей символов. Связь символов с позициями в сигнатуре осуществляется через хеш.

Особенностью построенных таким образом индексов на основе R-деревьев является то, что поиск по дереву может приводить к «ложным попаданиям», так называемым false hits. Это обусловлено тем, что сигнатуры хранят не исчерпывающую информацию об индексируемых объектах. Поэтому найденные по индексу объекты необходимо сравнивать с оригиналом, прочитанным из БД, для чего требуются дополнительные чтения страниц БД, что на больших объемах данных значительно замедляет работу [4]. Это является основной проблемой индексов, основанных на R-деревьях.

Для решения данной проблемы предлагается изменить информацию, хранимую в сигнатурах R-дерева. Для увеличения производительности поиска за счет уменьшения количества «ложных попаданий» добавим в сигнатуры информацию о количестве каждой разновидности символов и порядке расположения символов в объекте. Модификацию R-деревьев будем производить поэтапно.

Этап 1

Добавим в сигнатуры информацию о количестве каждой разновидности символов в объекте. Учитывая соображения программной реализации, физически количество удобно представлять 1 байтом информации. На рисунке 2 приведен формат данных для каждой разновидности символов на этапе 1.



Рисунок 2 – Формат данных для каждой разновидности символов на этапе 1

Таким образом, максимальное учитываемое количество одинаковых символов в объекте равно:

$$K_{\max} = 2^8 = 256.$$

Этого для данных среднего размера будет вполне достаточно.

Сигнатуры текстовых фрагментов из рисунка 1 на этапе 1 приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Сигнатуры на этапе 1

№	Строка	Сигнатура
1	в лес	(в,1),(,1),(л,1),(е,1),(с,1)
2	свет	(с,1),(в,1),(е,1),(т,1)
3	ссуда	(с,2),(у,1),(д,1),(а,1)
4	мама	(м,2),(а,2)

Пример R-дерева для индексации текстовых данных из таблицы 1 после реализации этапа 1 приведен на рисунке 3.

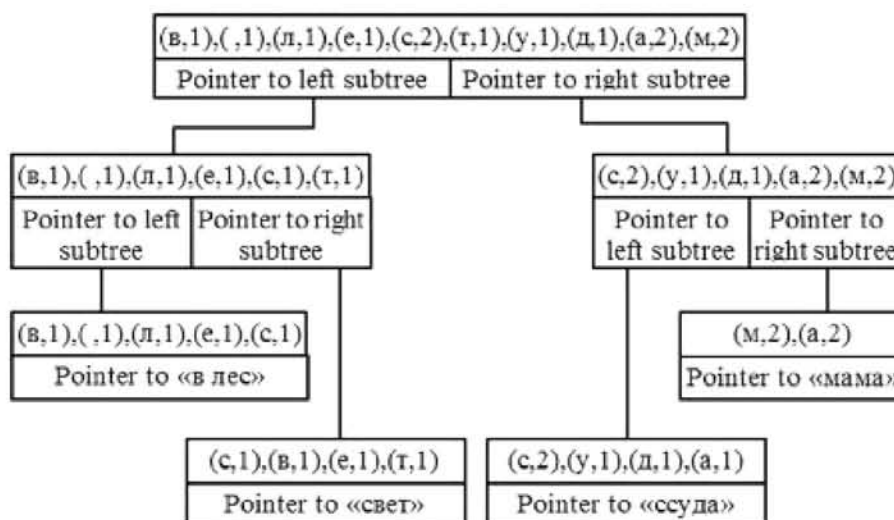


Рисунок 3 – Пример R-дерева после реализации этапа 1

Увеличение производительности поиска при такой модификации возникает при поиске объектов, содержащих несколько одинаковых символов (например, «ссуда» или «мама»). Причина ускорения в том, что при проходе по дереву во время поиска отбрасываются поддеревья, в сигнатурах которых количество символов какой-либо разновидности меньше, чем в объекте текущего поиска.

При такой модификации сигнатуры хранят более подробную информацию об объектах, нежели только признаки наличия символов. Поэтому снижается количество рассматриваемых поддеревьев при поиске, что приводит к снижению количества false hits.

Этап 2

Помимо информации о количестве разновидностей символов, необходимо добавить в сигнатуры информацию о порядке расположения символов в индексируемых данных.

Этап 2.1

Добавим в сигнатуры информацию о расположении одинаковых символов подряд. Технически, в сигнатуры добавляется по 1 биту информации для каждой разновидности символов в качестве признака того, что символы данного вида встречаются повторяющимися подряд хотя бы раз. На рисунке 4 приведен формат данных для каждой разновидности символов на этапе 2.1.



Рисунок 4 – Формат данных для каждой разновидности символов на этапе 2.1

Как видно из рисунка, бит повторения символа берется из того же байта, что и количество символов. Таким образом, максимальное учитываемое количество одинаковых символов будет равно:

$$K_{\max} = 2^7 = 128.$$

Этого также достаточно для данных средней длины.

Сигнатуры текстовых фрагментов из рисунка 1 на этапе 2.1 приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Сигнатуры на этапе 2.1

№	Строка	Сигнатура
1	в лес	(в,-,1),(,,-,1),(л,-,1),(е,-,1),(с,-,1)
2	свет	(с,-,1),(в,-,1),(е,-,1),(т,-,1)
3	ссуда	(с,+2),(у,-,1),(д,-,1),(а,-,1)
4	мама	(м,-,2),(а,-,2)

Пример R-дерева для индексации текстовых данных из таблицы 2 после реализации этапа 2.1 приведен на рисунке 5.

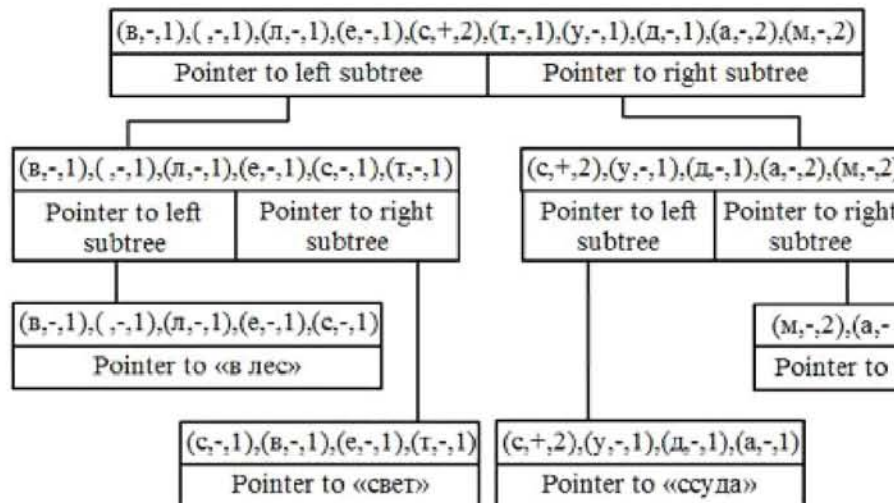


Рисунок 5 – Пример R-дерева после реализации этапа 2.1

Увеличение производительности поиска после добавления признака повторения символов в сигнатуры возникает при поиске объектов, в которых символы хотя бы одной разновидности повторялись подряд хотя бы 1 раз (например, «ссуда»). Причина ускорения в том, что при проходе по дереву во время поиска отбрасываются поддеревья, в сигнатуре которых не установлен признак повторения для данного вида символов.

При такой модификации сигнатуры хранят еще более подробную информацию об объектах, что приводит к снижению количества false hits.

Этап 2.2

Теперь добавим в сигнатуры информацию о нахождении символов на границе слов. Для этого будем использовать разбиение индексируемого объекта на части и хранение в сигнатурах информации о границах данных частей. Для таких частей индексируемых

объектов будем использовать термин фреймы. Как уже было сказано, в сигнатуры добавляется по 1 бит информации для каждой разновидности символов в качестве признака того, что символы данного вида в текстовом фрагменте хотя бы раз находились на границе фрейма. На рисунке 6 приведен формат данных для каждой разновидности символов на этапе 2.2. Данным флагом будем пользоваться при поиске по дереву.



Рисунок 6 – Формат данных для каждой разновидности символов на этапе 2.2

Бит граничных символов берется из того же байта. Таким образом, максимальное количество одинаковых символов будет равно:

$$K_{\max} = 2^6 = 64.$$

Эта цифра удовлетворяет требованиям данных среднего размера. Однако при превышении данного количества нужно предусмотреть защиту. А именно, количество должно интерпретироваться, как 63 (нумерация с нуля), следовательно, оно просто перестанет приносить эффект для производительности.

Сигнатуры текстовых фрагментов из рисунка 1 на этапе 2.2 приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Сигнатуры на этапе 2.2

№	Строка	Сигнатура
1	в лес	(в,-,+1),(,-,-1),(л,-,+1),(е,-,-1),(с,-,-1)
2	свет	(с,-,-1),(в,-,-1),(е,-,-1),(т,-,-1)
3	ссуда	(с,+,-2),(у,-,-1),(д,-,-1),(а,-,-1)
4	мама	(м,-,-2),(а,-,-2)

Пример R-дерева для индексации текстовых данных из таблицы 3 после реализации этапа 2.2 приведен на рисунке 7.

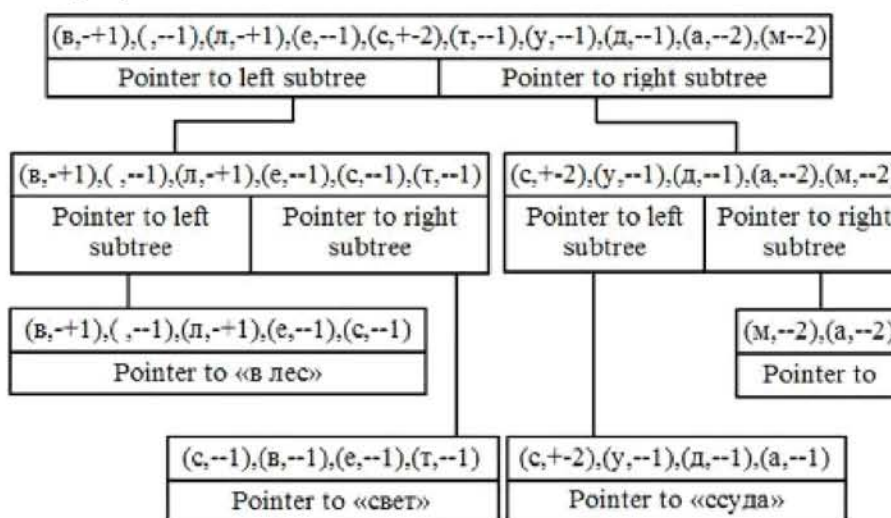


Рисунок 7 – Пример R-дерева после реализации этапа 2.2

Увеличение производительности поиска после добавления признака граничных символов в сигнатуры возникает при поиске объектов, которые состоят из нескольких фреймов (например, «в лес»). Причина ускорения в том, что при проходе по дереву во время поиска отбрасываются поддеревья, сигнатуры которых удовлетворяют условию: хотя бы одна разновидность символов сигнатуры поддерева не содержит граничного признака, в то время как эта же разновидность символов в сигнатуре искомой фразы признак содержит.

При такой модификации сигнатуры хранят еще более подробную информацию об объектах, нежели количество символов и признак повторения подряд, что приводит к снижению количества «ложных попаданий» (false hits).

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Проверка эффективности предложенных решений проводилась на программе, эмулирующей работу СУБД PostgreSQL в плане работы с индексами на основе R-деревьев. Для тестирования производительности использовалась БД, содержащая англоязычные текстовые данные (техническая литература). Средняя длина строк, хранимых в поле БД, составляла 51,86 символа. Тестирование выполнялось на трех различных наполнениях БД: 10 тысяч записей, 100 тысяч записей и 1 миллион записей.

Результаты замеров производительности для 10 тысяч записей, 100 тысяч записей и 1 миллиона записей в БД сведены в таблицах 4, 5 и 6 соответственно.

Таблица 4 – Результаты замеров производительности на 10 тысячах записей

Фрагмент	Модификация	$t_{\text{постр.}}$, мс	$t_{\text{поиска}}$, мс	Найдено, шт	Точно, шт	Ускорен., раз
what	До	1 750	201	1 886	30	-
	Этап 1	1 827	200	1 886	30	1,005
	Этап 2.1	2 044	203	1 886	30	0,990
	Этап 2.2	2 092	206	1 886	30	0,976
depend	До	1 750	303	3 060	13	-
	Этап 1	1 827	177	1 692	13	1,712
	Этап 2.1	2 044	181	1 692	13	1,674
	Этап 2.2	2 092	184	1 692	13	1,647
success	До	1 750	395	3 946	7	-
	Этап 1	1 827	180	1 737	7	2,194
	Этап 2.1	2 044	23	172	7	17,174
	Этап 2.2	2 092	26	172	7	15,192
as soon as	До	1 750	553	5 662	4	-
	Этап 1	1 827	270	2 700	4	2,048
	Этап 2.1	2 044	14	113	4	39,500
	Этап 2.2	2 092	8	51	4	69,125

Таблица 5 – Результаты замеров производительности на 100 тысячах записей

Фрагмент	Модификация	$t_{\text{постр.}}$, мс	$t_{\text{поиска}}$, мс	Найдено, шт	Точно, шт	Ускорен., раз
1	2	3	4	5	6	7
what	До	22 272	2 141	20 517	118	-
	Этап 1	23 542	2 141	20 517	118	1,000
	Этап 2.1	23 803	2 177	20 517	118	0,983

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7
	Этап 2.2	24 694	2 182	20 517	118	0,981
depend	До	22 272	3 229	31 553	400	-
	Этап 1	23 542	1 992	19 213	400	1,621
	Этап 2.1	23 803	2 000	19 213	400	1,615
	Этап 2.2	24 694	2 006	19 213	400	1,610
success	До	22 272	4 010	39 422	95	-
	Этап 1	23 542	2 077	19 982	95	1,931
	Этап 2.1	23 803	200	1 655	95	20,050
	Этап 2.2	24 694	201	1 655	95	19,950
as soon as	До	22 272	5 656	56 241	10	-
	Этап 1	23 542	3 133	30 774	10	1,805
	Этап 2.1	23 803	141	1 211	10	40,113
	Этап 2.2	24 694	80	629	10	70,700

Таблица 6 – Результаты замеров производительности на 1 миллионе записей

Фрагмент	Модификация	t _{постр.} , мс	t _{поиска} , мс	Найдено, шт	Точно, шт	Ускорен., раз
what	До	170 685	18 698	165 505	1 344	-
	Этап 1	174 154	18 886	165 505	1 344	0,990
	Этап 2.1	181 901	18 973	165 505	1 344	0,986
	Этап 2.2	189 109	19 032	165 505	1 344	0,982
depend	До	170 685	28 996	258 283	3 773	-
	Этап 1	174 154	17 531	155 937	3 773	1,654
	Этап 2.1	181 901	17 546	155 937	3 773	1,653
	Этап 2.2	189 109	17 722	155 937	3 773	1,636
success	До	170 685	36 597	328 355	1 209	-
	Этап 1	174 154	18 066	160 880	1 209	2,026
	Этап 2.1	181 901	1 084	8 953	1 209	33,761
	Этап 2.2	189 109	1 103	8 953	1 209	33,180
as soon as	До	170 685	50 138	455 198	96	-
	Этап 1	174 154	27 049	244 272	96	1,854
	Этап 2.1	181 901	965	8 186	96	51,956
	Этап 2.2	189 109	572	4 426	96	87,654

РЕЗУЛЬТАТЫ

Из результатов проверки производительности хорошо видно увеличение скорости поиска после реализации каждого из этапов модификации, а именно:

1. После реализации этапа 1 существенно увеличилась скорость поиска слов с несколькими одинаковыми символами (от 65% до двух раз).
2. После реализации этапа 2.1 заметно увеличилась скорость поиска слов, содержащих расположенные подряд символы (от 33 до 51 раза).
3. После реализации этапа 2.2 очень значительно увеличилась скорость поиска текстовых фрагментов, состоящих из нескольких слов (более, чем в 87 раз).

Кроме того, из полученных замеров производительности мы видим, что положительный эффект растет с увеличением количества записей в БД. Это является важным достоинством выполненной доработки при постоянно растущих объемах БД.

Нужно также сказать, что имеется незначительное снижение производительности (1,8% на миллионе записей) при поиске строк, не затронутых произведенной модификацией («what»). Это результат дополнительных проверок при поиске.

Таким образом, полученные результаты полностью соответствуют ожидаемым. Производительность поиска заметно увеличилась за счет более полного описания сигнатурами индексируемых данных. Произведенная модификация индексов на основе R-деревьев является в равной степени применимой и эффективной для любых типов данных, представляющих собой множества элементов (массивы, строки и т.п.).

ПЛАНИРУЕМЫЕ ДОРАБОТКИ

1. Оптимизация использования разбиения данных на фреймы

Планируется провести оптимизацию использования информации о границах фреймов при поиске (этап 2.2) путем реализации динамического списка разделителей фреймов, а не статического. Очевидно, что текущее решение не является оптимальным и универсальным, т.к. для произвольных данных фиксированный набор разделителей может быть не эффективным. В общем случае разделителем может быть любой символ.

Для того, чтобы сделать набор разделителей фреймов динамически формируемым, необходимо разработать алгоритм формирования оптимального набора разделителей фреймов для конкретного содержимого БД. Обновлять информацию о разделителях планируется периодически, запуская анализ БД. К примеру, в СУБД PostgreSQL для таких целей существует специальная (периодически запускаемая) команда VACUUM ANALYZE. Ожидается увеличение производительности поиска в результате увеличения вероятности нахождения в искомой фразе граничных символов, что является результатом грамотного выбора разделителей при анализе БД.

На данном этапе формулируем единственный критерий отнесения разновидности символов к разделителям – это количество порожденных граничных символов в том случае, когда разделителями были только символы данного вида. Алгоритм формирования списка разделителей для конкретного наполнения БД представляется следующим:

- рассчитывается значение данного критерия для каждой разновидности символов;
- разновидности символов сортируются по убыванию значения критерия;
- в итоговый набор разделителей из вершины списка отбирается такое количество разновидностей символов, при котором общее количество граничных символов (порождаемых разделителями) будет максимально.

В целом, данный алгоритм необходимо тщательно проанализировать и проверить на различных данных, чтобы убедиться в его универсальности.

2. Внедрение в реальную СУБД

Планируется выполнить данную модификацию индексов с использованием реальной СУБД – PostgreSQL. Причины выбора данной СУБД:

- Открытая лицензия (BSD);
- Внедрено использование индексов на основе R-деревьев с большими возможностями для расширений (база для модернизации);
- Наличие удобного интерфейса API для программ на C/C++.

В результате эффективность произведенной модификации будет проверена в реальной информационной системе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бартунов О.С. Написание расширений для PostgreSQL с использованием GiST [Электронный ресурс]. – URL: http://www.sai.msu.su/~megera/postgres/talks/gist_tutorial.html (дата обращения: 21.06.2011).
2. Скоробогатов Д., Дубинин М. Руководство пользователя PostGIS [Электронный ресурс]. – URL: <http://postgresql.ru.net/postgis/index.html> (дата обращения: 04.09.2011).
3. Кузнецов С.Д. Методы сортировки и поиска [Электронный ресурс]. – URL: <http://megalib.com/books/134/index2.htm> (дата обращения: 18.11.2009).
4. Бартунов О.С. Специализированные типы данных для цифровых библиотек [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.sai.msu.su/~megera/postgres/talks/RCDL2007.oleg.pdf> (дата обращения: 21.06.2011).

Чернов Андрей Федорович

Вологодский государственный технический университет, г. Вологда

Аспирант кафедры автоматизации и вычислительной техники

E-mail: chernovaf@mail.ru

A.F. CHERNOV (*Post-graduate student, department of automatics and computer engineering*)
Vologda State Technical University

MODIFICATION OF INDEX ACCESS METHODS, BASED ON R-TREES

This article is devoted to modification of index access methods, based on R-trees, in DBMS. The improvement is directed on search acceleration with index usage; it is based on adding special information into index structure. Using of this information make it possible to optimize search process considerably. The modification consist of three stages. The internal structure of search tree is changed at the each modification stage. Performance test results confirm the modification efficiency. This improvement of R-trees will implement in PostgreSQL DBMS. The implemented approach can be applied in any DBMS.

Keywords: *DBMS; index; access method; R-trees; PostgreSQL; search acceleration; composite data type.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Bartunov O.S. napisanie rasshirenij dlya PostgreSQL s ispol'zovaniem GiST [E'lektronny'j resurs]. – URL: http://www.sai.msu.su/~megera/postgres/talks/gist_tutorial.html (data obrashheniya: 21.06.2011).
2. Skorobogatov D., dubinin M. Rukovodstvo pol'zovatelya PostGIS [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://postgresql.ru.net/postgis/index.html> (data obrashheniya: 04.09.2011).
3. Kuznecov S.D. Metody' sortirovki i poiska [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://megalib.com/books/134/index2.htm> (data obrashheniya: 18.11.2009).
4. Bartunov O.S. Specializirovanny'e tipy' danny'x dlya cifrovy'x bibliotek [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.sai.msu.su/~megera/postgres/talks/RCDL2007.oleg.pdf> (data obrashheniya: 21.06.2011).

И.И. ШИШКОВ

**ЛИНЕЙНАЯ ФИЛЬТРАЦИЯ РАСТРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГРАФИЧЕСКОГО УСКОРИТЕЛЯ**

В статье приведено подробное описание реализации метода линейной фильтрации растровых изображений, использующей графический ускоритель для повышения эффективности вычислений. Обоснован выбор CUDA в качестве языка программирования графического ускорителя. Приводится исходный текст предлагаемой реализации с обоснованием примененных оптимизаций.

Ключевые слова: обработка растровых изображений; линейная фильтрация; графический ускоритель; CUDA.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность задачи обработки растровых изображений обусловлена появлением и развитием в различных предметных областях устройств, формирующих цифровые изображения. Например, компьютерные томографы позволяют создавать изображения поперечного среза исследуемого объекта, искусственные спутники Земли делают снимки земной поверхности, формируя большие объёмы фотографий, облегчающие создание карт. Наконец, современные любительские и профессиональные фотоаппараты сохраняют снимки в цифровом формате [1].

Размеры изображений, создаваемых с помощью этих и многих других устройств, постоянно растут. Более того, в большинстве областей применения цифровых изображений часто приходится работать не только с отдельными изображениями, но и с их множествами. В результате снижается эффективность существующих средств обработки цифровых изображений. Повысить её можно, с одной стороны, за счёт применения специализированных, более мощных вычислительных средств, недостатком которых является их высокая стоимость. С другой стороны, это можно сделать за счёт использования новых вычислительных возможностей персональных компьютеров, что существенно снижает стоимость получаемых решений. Данный подход предпочтительнее, так как он повышает эффективность использования имеющихся вычислительных ресурсов.

Графические ускорители, используемые в современных персональных компьютерах, представляют собой мощное вычислительное устройство, которое может быть эффективно применено для алгоритмов, допускающих высокопараллельную реализацию. Это позволяет рассматривать его как наиболее подходящее средство создания эффективных реализаций методов обработки цифровых изображений.

Не существует общепринятой точки зрения, где заканчивается обработка изображений и начинаются другие смежные области, например, анализ изображений и машинное зрение. Во всем диапазоне от обработки изображений до машинного зрения нет четких границ, тем не менее, можно различать в нём методы низкого, среднего и высокого уровня. Методы низкого уровня представляют собой только примитивные операции типа предобработки с целью уменьшения шума, повышения контраста или улучшения резкости изображений. Для низкоуровневых методов характерен тот факт, что на входе и на выходе присутствуют изображения. Обработка изображений на среднем уровне охватывает такие задачи, как сегментация, описание объектов и сжатие их в удобную для компьютерной обработки форму, а также классификация отдельных объектов. Для методов среднего уровня характерно наличие изображений только на входе, на выход же поступают признаки и атрибуты, извлекаемые из этих изображений. Наконец, высокоуровневая обработка включает в себя «осмысление» набора распознанных объектов, как это делается в анализе

изображений, и осуществление познавательных функций, которые принято связывать со зрением [2].

В данной статье описывается программная реализация одного из низкоуровневых методов обработки изображений – метода линейной фильтрации, обладающей высокой эффективностью за счёт использования вычислительных возможностей графического ускорителя.

ЛИНЕЙНАЯ ФИЛЬТРАЦИЯ РАСТРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Линейная фильтрация растровых изображений является частным случаем локальной пространственной фильтрации, с её помощью выполняются такие преобразования, как сглаживание, размытие, повышение чёткости (рис. 2), выделение контуров и т.д. [2, 3]. В процессе обработки каждого пикселя изображения оперируют одновременно как со значениями пикселей в их окрестности, так и с соответствующими им значениями некоторой матрицы, имеющей те же размеры, что и окрестность. Такую матрицу называют *ядром* или *маской* фильтра. Значения матрицы принято называть коэффициентами.

Схема линейной фильтрации приведена на рисунке 1. Процесс основан на простом перемещении маски фильтра от точки к точке изображения; в каждой точке (x, y) *отклик* фильтра задаётся суммой произведений коэффициентов фильтра на соответствующие значения пикселей в области, покрытой маской фильтра. При этом рассматриваются только маски нечётных размеров.

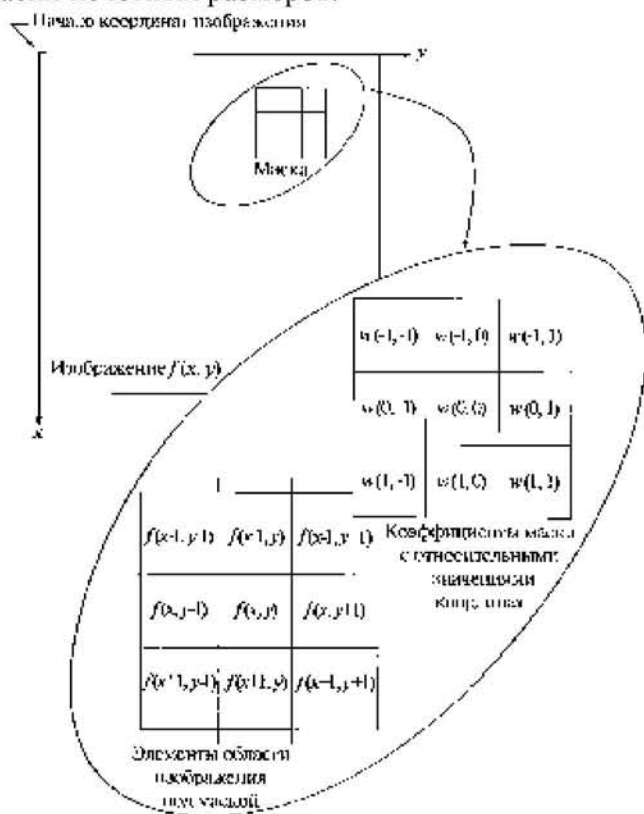


Рисунок 1 – Схема линейной фильтрации

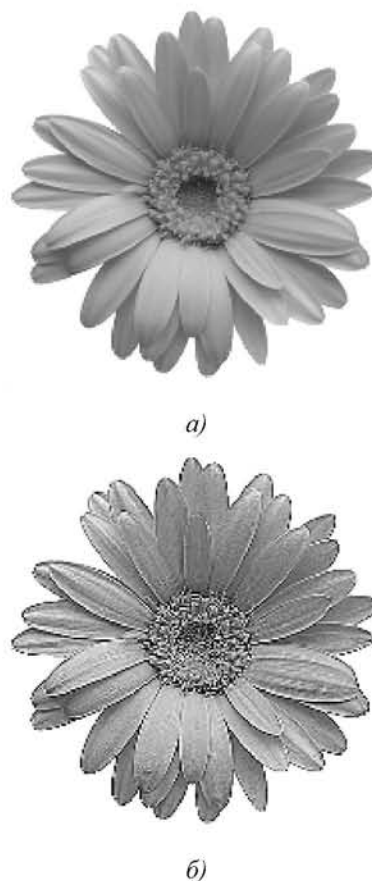


Рисунок 2 – Пример линейной фильтрации (повышение чёткости): а) исходное изображение; б) результирующее изображение

Таким образом, линейная фильтрация изображения f , имеющего линейные размеры $M \times N$, с помощью фильтра размером $m \times n$ задаётся выражением общего вида:

$$g(x, y) = \sum_{s=-a}^a \sum_{t=-b}^b w(s, t) \cdot f(x+s, y+t), \quad (1)$$

где $g(x, y)$ – отклик фильтра;

$n = (2a + 1)$, $m = (2b + 1)$;

$w(s, t)$ – коэффициент маски фильтра;

$f(x, y)$ – пиксель обрабатываемого изображения.

Стоит отдельно обратить внимание, что коэффициент $w(0, 0)$ стоит при значении $f(x, y)$, указывая тем самым, что маска центрирована в точке (x, y) .

ВЫБОР ЯЗЫКА ПРОГРАММИРОВАНИЯ ГРАФИЧЕСКОГО УСКОРИТЕЛЯ

В настоящее время существует большое количество языков программирования графических ускорителей: CUDA, OpenCL, FireStream, DirectCompute. Каждый из них обладает своими достоинствами и недостатками. Так, например, CUDA и FireStream ориентированы на работу только с графическими ускорителями конкретного производителя – NVidia для CUDA и AMD для FireStream. Это сужает область их применения, однако позволяет использовать специфические особенности поддерживаемых графических ускорителей для повышения эффективности вычислений. Программы на DirectCompute могут работать с устройствами обоих производителей, но только под управлением операционной системы Windows. Язык OpenCL лишён всех перечисленных недостатков, однако он обладает большой универсальностью, что делает его более сложным и менее удобным в использовании.

В данной статье рассмотрена реализация, созданная с помощью NVidia CUDA. Этот выбор был сделан, чтобы создать наиболее эффективную реализацию метода линейной фильтрации за счёт использования особенностей карт NVidia [4]. Кроме того, среди всех перечисленных языков CUDA предоставляет наиболее удобный программный интерфейс, который позволяет сконцентрироваться на решаемой задаче [5].

ОПИСАНИЕ РЕАЛИЗАЦИИ ЛИНЕЙНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ CUDA

Предлагаемая реализация метода линейной фильтрации с использованием CUDA приведена ниже:

```

1  __constant__ Mask filterMask;
2  texture <u16, cudaTextureType2D, cudaReadModeElementType> input;
3
4  __global__ void filterImage(Image out) {
5      int row = blockIdx.y * blockDim.y + threadIdx.y;
6      int col = blockIdx.x * blockDim.x + threadIdx.x;
7      if (out.inside(row, col)) {
8          const int hs = filterMask.size / 2;
9          float sum = 0;
10         for (int i = -hs; i <= hs; ++i) {
11             for (int j = -hs; j <= hs; ++j) {
12                 sum += tex2D(input, col + j, row + i) *
filterMask.value(i, j);
13             }
14         }
15         out.setPixel(row, col, (int)sum);
16     }
17 }
18
19 void filter(u16* pixels, int width, int height, float* mask, int

```

```

maskSize) {
20  const int imageSizeInBytes = width * height * sizeof(u16);
21  cudaChannelFormatDesc desc = cudaCreateChannelDesc(16, 0, 0,
0, cudaChannelFormatKindUnsigned);
22  cudaArray* inputArray;
23  cudaMallocArray(&inputArray, &desc, width, height);
24  cudaMemcpyToArray(inputArray, 0, 0, pixels, imageSizeInBytes,
cudaMemcpyHostToDevice);
25  input.normalized = false;
26  input.filterMode = cudaFilterModePoint;
27  input.addressMode[0] = input.addressMode[1] =
cudaAddressModeClamp;
28  cudaBindTextureToArray(&input, inputArray, &desc);
29  Image out;
30  out.width = width;
31  out.height = height;
32  cudaMalloc(&out.pixels, imageSizeInBytes);
33  Mask k;
34  k.size = maskSize;
35  memcpy(k.values, mask, sizeof(float) * k.size * k.size);
36  cudaMemcpyToSymbol(filterMask, &k, sizeof(Mask));
37  dim3 threads(16, 16);
38  dim3 blocks((width + threads.x - 1) / threads.x,
39             (height + threads.y - 1) / threads.y);
40  filterImage<<<blocks, threads>>>(out);
41  cudaMemcpy(pixels, out.pixels, imageSizeInBytes,
cudaMemcpyDeviceToHost);
42  cudaUnbindTexture(&input);
43  cudaFreeArray(inputArray);
44  cudaFree(out.pixels);
45 }

```

Для осуществления линейной фильтрации необходимо вызвать функцию `filter`, которая имеет следующие параметры:

- `pixels` – указатель на пиксели обрабатываемого изображения;
- `width, height` – длина и высота входного изображения;
- `mask` – указатель на коэффициенты маски фильтра;
- `maskSize` – размер одного измерения маски фильтра; в программе предполагается, что фильтр имеет квадратную маску.

В программе используются два вспомогательных класса: `Image` и `Mask`. Они представляют изображение и маску фильтра и обладают методами, упрощающими доступ к их элементам.

Приведённая выше реализация выполняет следующий алгоритм:

- 1) загрузка входного изображения в текстурную память (строки 21-28);
- 2) выделение в глобальной памяти графического ускорителя буфера, в который будет записано выходное изображение (строки 29-32);
- 3) загрузка маски фильтра в область константной памяти (строки 33-36);
- 4) запуск CUDA-ядра, выполняющего фильтрацию (строки 37-40);
- 5) копирование выходного изображения из памяти графического ускорителя в оперативную память компьютера (строка 41);
- 6) освобождение выделенных ресурсов (строки 42-44).

Перед описанием приведённых шагов алгоритма рассмотрим CUDA-ядро, выполняющее фильтрацию (строки 4-16).

ОПИСАНИЕ CUDA-ЯДРА

CUDA-ядро – это функция, выполняемая всеми программными нитями графического ускорителя. В предлагаемой реализации ядро выполняет фильтрацию одного пикселя входного изображения. Сначала (строки 5-6) по положению нити в блоке и блока в сетке вычисляются координаты обрабатываемого пикселя [6]. Так как количество создаваемых программных нитей может превосходить количество обрабатываемых пикселей, необходимо проверить, не выходит ли вычисленная позиция пикселя за границы изображения. Эта проверка осуществляется в строке 7.

Далее в строках 8-14 осуществляются вычисления по формуле (1). Счётчики циклов i и j перебирают элементы маски фильтра, а в теле второго цикла в переменной sum накапливается значение отклика (строка 12).

Наконец, в строке 16 вычисленное значение отклика записывается в выходное изображение.

Рассмотрев CUDA-ядро, перейдём к детальному описанию шагов приведённого выше алгоритма.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕКСТУРНОЙ ПАМЯТИ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ВХОДНОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

В архитектуре CUDA выделяются различные типы памяти: глобальная, константная, текстурная, разделяемая и локальная [6]. Они характеризуются различным объёмом и временем доступа, а также могут кэшироваться. Для хранения входного изображения может быть использована глобальная или текстурная память, остальные типы имеют слишком малый объём. Глобальная память поддерживает чтение и запись, не кэшируется и обладает самым высоким временем доступа. Текстурная память, напротив, кэшируется и доступна только для чтения. Следовательно, в некоторых ситуациях она обладает меньшей латентностью за счёт сокращения количества обращений. В частности, кэш текстурной памяти оптимизирован для обработки запросов, обладающих пространственной локальностью, которая проявляется, когда соседние программные нити обращаются к соседним элементам текстуры [6].

0;0	0;1	0;2	0;3	0;4
1;0	1;1	1;2	1;3	1;4
2;0	2;1	2;2	2;3	2;4
3;0	3;1	3;2	3;3	3;4
4;0	4;1	4;2	4;3	4;4

Рисунок 3 – Количество обращений к пикселю в процессе линейной фильтрации

(при размере ядра фильтра 3×3 к пикселю (2;2) происходят обращения при обработке всех пикселей, отмеченных серым цветом)

В процессе выполнения линейной фильтрации к отдельно взятому пикселю входного изображения происходят многократные обращения. Например, если маска фильтра имеет размер 3×3 , то к одному пикселю может происходить до девяти обращений (рис. 3). Кроме того, как следует из формул определения позиции обрабатываемого пикселя (строки 5-6), в рассматриваемой реализации соседние программные нити обрабатывают соседние пиксели изображения. Следовательно, текстурная память не только может быть применена для хранения входного изображения, но и дает существенный прирост производительности за счёт сокращения количества обращений к глобальной памяти.

Загрузка входного изображения в текстуру осуществляется в строках 20-28. Сначала (строки 21-23) в глобальной памяти графического ускорителя выделяется CUDA-массив – специальная структура данных, оптимизированная для хранения текстур [6]. Затем в него копируется входное изображение. В строках 25-27 настраиваются параметры текстуры, в строке 28 текстурная ссылка `input` связывается с выделенным CUDA-массивом.

Следует отметить, что при обработке пикселей, близких к границе изображения, некоторые строки и столбцы маски могут оказаться за его пределами. Существует несколько способов учесть это обстоятельство. Простейший способ состоит в ограничении перемещения центра маски по изображению. Результирующее изображение после фильтрации будет по размерам меньше оригинала, зато все его точки будут обработаны полной маской. Если результат должен иметь те же размеры, что и оригинал, то обычно применяется подход, при котором для фильтрации используется только та часть маски, которая полностью находится внутри изображения. При этом возле границ изображения образуется полоса точек, которые обрабатываются только частью маски фильтра. Другие подходы предусматривают расширение изображения за его границы добавлением строк и столбцов из нулей или же повторением строк и столбцов. После обработки добавленные строки и столбцы удаляются. Это позволяет сохранить размеры обработанного изображения равными размерам исходного, однако значения элементов, использовавшихся для расширения, будут оказывать влияние на значения элементов изображения внутри аналогичной полосы, которая тем шире, чем больше размеры маски [2, 3].

В рассматриваемой реализации неявно применяется метод повторения строк и столбцов изображения. Это достигается за счёт установки значения `cudaAddressModeClamp` в элементы текстурного атрибута `addressMode` (строка 27). Этот параметр указывает, что при обращении к пикселю, выходящему за пределы изображения, берётся ближайший пиксель на границе. Такой выбор обусловлен тем, что функция `filter` не предполагает изменение размеров изображения после фильтрации.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЛОБАЛЬНОЙ ПАМЯТИ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ВЫХОДНОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

Из всех описанных выше типов памяти графического процессора для хранения выходного изображения подходит только глобальная память – она обладает достаточной ёмкостью и, в отличие от текстурной памяти поддерживает запись. Кроме того, так как все программные нити обрабатывают разные пиксели и позиция выходного пикселя совпадает с позицией входного, то каждый пиксель выходного изображения будет записан в выделенный буфер один раз. Следовательно, в процессе формирования результирующего изображения не возникает избыточных обращений к глобальной памяти, поэтому она может быть применена для хранения выходного изображения (строки 30-33).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОНСТАНТНОЙ ПАМЯТИ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ МАСКИ ФИЛЬТРА

Константная память используется в CUDA для данных, которые не изменяются в процессе выполнения ядра. Она имеет размер 64 КБ и обладает особенностями, существенно снижающими количество обращений к памяти:

- одно обращение к константной памяти может быть транслировано соседним 15 нитям;
- константная память кэшируется, следовательно, последовательные обращения к одному и тому же адресу не порождают лишних обращений к памяти [6].

В процессе выполнения линейной фильтрации маска фильтра остаётся неизменной, каждая программная нить обращается ко всем её элементам, а её размер не превосходит нескольких десятков байт. Следовательно, размещение маски фильтра в константной памяти позволит воспользоваться её преимуществами для повышения производительности. Эта операция осуществляется в строках 33-36 программы. Сначала необходимыми значениями инициализируется переменная `k` типа `Mask`, а затем с помощью специальной команды она записывается в область константной памяти, помеченную именем `filterMask`.

ЗАПУСК CUDA-ЯДРА

Для запуска CUDA-ядра необходимо сформировать структуру вычислительной сетки [5]. Так как осуществляется обработка двумерного изображения, то сетка представляется в виде матрицы блоков, а блоки – в виде матрицы программных нитей. Количество нитей в блоке для данной задачи неважно, так как они никак не взаимодействуют друг с другом, поэтому была выбрана рекомендуемая в таких случаях структура 16×16 [6]. Размеры матрицы блоков представляют собой частные от деления размеров изображения на количество нитей в соответствующем измерении блока, округлённые вверх (строки 38-39). При этом округление вверх гарантирует, что длина и высота вычислительной сетки будут не меньше, чем длина и высота изображения. Если одно из измерений сетки окажется больше соответствующего измерения изображения, то некоторым нитям будут соответствовать пиксели, выходящие за границы изображения. Чтобы исключить такие случаи, в CUDA-ядре стоит проверка на принадлежность обрабатываемого пикселя изображению (строка 8).

Другой важной особенностью является передача выходного изображения в качестве параметра `filterImage` (строка 41). Переменная `out`, используемая для обращения к выходному изображению, находится в оперативной памяти компьютера. Код, выполняющийся на графическом ускорителе, не может напрямую обращаться к ОЗУ, поэтому содержимое переменной `out` должно быть скопировано в память графического ускорителя. Передавая `out` в качестве фактического параметра ядра, мы неявно копируем её содержимое в локальную память программной нити, помещая тем самым необходимые данные в память графического ускорителя.

Копирование результирующего изображения и освобождение выделенных ресурсов осуществляются с помощью вызовов специальных функций CUDA (строки 42-45).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанная реализация метода линейной фильтрации, использующая CUDA, даёт существенный прирост производительности. По результатам проводимых тестов она осуществляет обработку изображения размером 4 мегапикселя в 10 раз быстрее, чем реализация, ориентированная на выполнение на центральном процессоре.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шишков И.И., Митин А.А. К вопросу об оперативной обработке растровых изображений большого размера // Материалы IV Международной научно-технической конференции «Информационные технологии в науке, образовании и производстве». – Орел: ОрелГТУ, 2010. – Т. 3. – С. 194-197.
2. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений: пер. с англ. – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с. – ISBN 5-94836-028-8.

3. Сойфер В.А. Методы компьютерной обработки изображений. – 2-е изд., испр. – М.: ФИЗМАЛИТ, 2003. – 784 с. – ISBN 5-9221-0270-2.
4. Берилло А. Новая графическая архитектура NVIDIA GF100 [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.ixbt.com/video3/gf100.shtml>.
5. Берилло А. NVIDIA CUDA – неграфические вычисления на графических процессорах [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.ixbt.com/video3/cuda-1.shtml>.
6. Sanders J. CUDA by Example / Jason Sanders, Edward Kandrot. – Addison-Wesley, 2010. – 313 с. – ISBN 0-13-138768-5/.

Шишков Илья Иванович

ФГБОУ ВПО «Государственный университет – УНПК», г. Орёл

Аспирант кафедры «Информационные системы»

E-mail: shishkov.ilia@gmail.com

I.I. SHISHKOV (*Post-graduate student of department «Information systems»*)

State University – ESPC, Orel

LINEAR FILTERING OF RASTER IMAGES USING A GRAPHICAL ACCELERATOR

The article contains precise description of a program that implements linear filtering of raster images and uses graphics accelerator to increase performance. Firstly, the urgency of increasing performance of raster image processing is described. Then the article gives a brief description of the problem of linear filtering. After that it is described why CUDA is chosen as a graphics accelerator programming language. And finally the source code and description of the suggested implementation is given. The implementation itself and all used optimizations are precisely described.

Keywords: *raster images processing; linear filtering; graphical accelerator; CUDA.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Shishkov I.I., Mitin A.A. K voprosu ob operativnoy obrabotke rastroyv'x izobrazhenij bol'shogo razmera // Materialy' IV Mezhdunarodnoj nauchno-texnichskoj konferencii «Informacionny'e tekhnologii v nauke, obrazovanii i proizvodstve». – Oryol: OryolGTU, 2010. – Т. 3. – С. 194-197.
2. Gonsales R., Vuds R. Cifrovaya obrabotka izobrazhenij: per. s angl. – М.: texnosfera, 2005. – 1072 с. – ISBN 5-94836-028-8.
3. Sojfer V.A. Metody' komp'yuternoj obrabotki izobrazhenij. – 2-е изд., испр. – М.: FIZMATLIT, 2003. – 784 с. – ISBN 5-9221-0270-2.
4. Berillo A. Novaya graficheskaya arxitektura NVIDIA GF100 [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.ixbt.com/video3/gf100.shtml>.
5. Berillo A. NVIDIA CUDA – negraficheskie vy'chisleniya na graficheskix processorax [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.ixbt.com/video3/cuda-1.shtml>.
6. Sanders J. CUDA by Example / Jason Sanders, Edward Kandrot. – Addison-Wesley, 2010. – 313 с. – ISBN 0-13-138768-5/.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

УДК 519.876.5

П.П. АВРАШКОВ, А.В. КОСЬКИН, С.В. ТЕРЕНТЬЕВ, А.И. ФРОЛОВ, Р.А. ВЕТРОВ

**АНАЛИЗ МЕТОДОВ И ПОДХОДОВ
К МОДЕЛИРОВАНИЮ КОМПОНЕНТОВ
СЛОЖНЫХ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

В статье рассматриваются вопросы моделирования сложных организационно-технических систем. Приведена классификация основных математических моделей, используемых при формировании управляющих воздействий в рассматриваемых системах. Проанализированы возможные подходы к моделированию компонентов сложных организационно-технических систем на примере интегрированных научно-образовательных комплексов. Сделаны выводы о применимости различных классов математических моделей для описания отдельных подсистем.

Ключевые слова: организационно-техническая система; интегрированный научно-образовательный комплекс; имитационное моделирование; управление.

ВВЕДЕНИЕ

Под сложными организационно-техническими системами (ОТС) в настоящее время принято понимать системы, включающие в себя подсистемы различной природы (коллективы людей, природные, технические и информационные ресурсы и др.), характеризующиеся многообразными формами взаимодействия внутри подсистем и между ними, а также с другими организационно-техническими и социально-экономическими системами. В деятельности ОТС можно выделить производственную, финансовую, социальную, образовательную, научную, инновационную и другие составляющие. В настоящее время ОТС различного класса (предприятия и корпорации, административно-территориальные образования, интегрированные научно-образовательные комплексы и пр.) являются неотъемлемыми объектами и субъектами социально-экономического развития отдельных регионов и страны в целом. Создание новых и развитие существующих сложных ОТС является одной из ключевых составляющих процесса модернизации экономики, повышения ее конкурентоспособности. Поэтому эффективное управление подобными системами в современных условиях особенно актуально. В то же время эффективное управление требует наличия моделей и инструментов управления, адекватных по отношению к сложности управляемого объекта.

На сегодняшний день известны примеры модельного описания процессов функционирования отдельных компонентов сложных ОТС, однако опыт в этой сфере не обобщен, в силу чего отсутствуют подходы, позволяющие моделировать деятельность таких систем в целом. В то же время современный уровень развития математики и информационно-телекоммуникационных технологий позволяет решить эту задачу на качественно новой основе.

Очевидно, что в силу гетерогенности структуры сложных ОТС применяемые в целях описания и/или прогнозирования состояния их отдельных подсистем и/или процессов модели будут иметь различную природу. Поэтому для оценки возможности и исследования механизмов сопряжения таких моделей, в первую очередь, необходимо выделить и проанализировать классы используемых моделей и подходов к моделированию. Решению этой важной задачи и посвящена данная статья.

**КЛАССИФИКАЦИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ
ПРИ ФОРМИРОВАНИИ УПРАВЛЯЮЩИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ В ОТС**

Математические модели, используемые при построении и функционировании ОТС, являются основой для формирования вектора управляющих воздействий в каждый момент

существования системы, которая, в свою очередь, является развивающимся объектом с изменяемой структурой и динамикой функций, естественно, это приводит к отсутствию статичности самих моделей. Каждому уровню управления и каждому временному срезу соответствует определенное подмножество моделей. В работе [1] предложена следующая классификация моделей (табл. 1).

Таблица 1 – Классификация основных математических моделей, используемых при формировании управляющих воздействий в ОТС

Наименование класса моделей	Область применения	Характерное представление модели (*) и способы решения (**)
Макромодели	Оценка воздействия функционирования ОТС или отдельных направлений её деятельности на внешнюю среду	* Совокупность дифференциальных или алгебраических уравнений с ограничениями ** Аналитическое решение, численное моделирование
Модели описания иерархии ОТС	Оценка влияния структурных изменений в системе на эффективность деятельности подсистем	* Системы линейных уравнений и неравенств ** Аналитическое решение, численное моделирование
Модели влияния характеристик различных видов ресурсов на функционирование системы	Анализ поведения системообразующих компонентов с учётом изменения количественного и качественного состава различных видов ресурсов	* Системы линейных уравнений, временные ряды, статистические соотношения и т.д. ** Методы математической статистики, численное моделирование
Модели динамического развития ресурсов конкретных видов	Анализ изменения состояния и развития отдельных видов ресурсов	* Дискретные модели, системы линейных уравнений, уравнения математической физики и т.д. ** Методы дискретной и классической математики, численное моделирование
Модели динамического развития отдельных компонентов ОТС	Анализ изменения состояния и развития отдельных компонентов системы и оценка влияния их динамики на возникновение диспропорций и эффективность управления системой в целом	* Дискретные модели, алгебраические модели, модели на основе дифференциального исчисления ** Методы дискретной и классической математики, численное моделирование

Наиболее перспективным должно оказаться имитационное моделирование (ИМ) [2, 3, 4], включающее в себя три основных подхода – системную динамику, дискретно-событийное моделирование и агентное моделирование [5]. Достоинством системно-динамических моделей является их простота и возможность с их помощью охватить явление в целом, а платой за это – взгляд на явление как бы «издалека», когда не просматриваются многие его детали. Вследствие простоты такие модели обычно очень хороши для первого математического знакомства с явлением. Моделирование в подробностях и деталях – следующий этап изучения явления, дорогу которому прокладывает первый, основанный на системно-динамических моделях [6]. Агентное моделирование используется для исследования децентрализованных систем, динамика функционирования которых определяется результатом индивидуальной активности членов группы [5].

Приведённая выше классификация очерчивает определенный круг применяемых подходов к моделированию. Однако она не дает возможности оценить применимость и

эффективность использования различных моделей для решения задач оценки и прогнозирования состояния отдельных подсистем ОТС. Поэтому, учитывая отмеченную выше недостаточность системных исследований в данной области, рационально рассмотреть один из частных случаев ОТС и проанализировать современное состояние исследований в области моделирования отдельных подсистем систем данного класса.

В качестве рассматриваемого класса ОТС были выбраны интегрированные научно-образовательные комплексы (ИНОК). Это обусловлено следующими факторами:

1) современные ИНОК включают в себя все перечисленные выше составляющие ОТС. Причём все они (в том числе, инновационная и производственная составляющие, поставленные во главу угла в контексте модернизации экономики) представлены в них в развитой форме. 2) ИНОК характеризуются определённой степенью замкнутости [7], что говорит о сложности внутренних связей и взаимообусловленности процессов развития отдельных подсистем. Таким образом, рассмотрение ИНОК позволит не только охватить все основные используемые в процессах управления ими модели, но и исследовать и формализовать сложные механизмы их сопряжения.

В соответствии с классами моделей из таблицы 1 к основным составляющим ИНОК можно отнести такие компоненты, как профессорско-преподавательский состав (ППС), контингент студентов, абитуриенты/школьники, образовательная деятельность, научно-исследовательская деятельность (НИД), производство и инновации, и следующие ресурсы: материально-техническая база, финансы, социальный сектор.

Опишем подробнее выделенные блоки и основные взаимосвязи между ними.

Блок «ППС». К этому функциональному блоку относится системно-динамическая модель характеристик структуры кадровых ресурсов высшей школы в целом, изложенная в [8, 9]. В терминологии ИМ — это довольно сложная модель, в которой вместо дифференциальных уравнений используются рекуррентные алгебраические.

В качестве следующего этапа моделирования можно использовать технологии агентного моделирования [5]. В агентной модели глобальное поведение подсистемы формируется как совокупный результат действия многих агентов, каждый из которых обладает определёнными характеристиками, демонстрирует некоторое автономное поведение, взаимодействует с другими агентами и внешним окружением по определённым правилам.

Основная проблема, возникающая при агентном моделировании развития профессорско-преподавательского состава, это выявление упомянутых правил и других факторов, влияющих на динамику ППС.

Блок «Контингент студентов». Процессы, происходящие в данном блоке, очень тесно связаны с блоком «ППС». От контингента студентов напрямую зависит объём учебной нагрузки, следовательно, и количество ставок ППС.

Прогнозирование контингента студентов – сложная задача. Наиболее очевидный («лобовой», но вряд ли достаточно эффективный) способ её решения – статистическое моделирование (использование анализа временных рядов). Более сложный путь – применение в качестве входной информации параметров блока «Абитуриенты/школьники» и дальнейшее определение структуры контингента с учётом различных факторов: коэффициентов отчисления, коэффициентов ухода в академический отпуск, коэффициентов перевода из/в другие ВУЗы, коэффициентов перехода на вечернее/дневное отделение, коэффициентов перехода на другой факультет. С точки зрения математического аппарата также просматривается использование системы алгебраических уравнений, причём значения коэффициентов могут быть весьма различными для разных специальностей и факультетов.

Соединение блоков «ППС» и «Контингент студентов» возможно на основе разработки аналитической модели, где при помощи системы уравнений связываются число преподавательских ставок на кафедре (на факультете, в университете) и объём учебной нагрузки, который зависит от структуры набора, процента отчисления, структур учебных планов специальностей/направлений подготовки и других факторов.

Блок «Абитуриенты/школьники». Характеристики этого блока представляют собой входную информацию для всех блоков, имеющих непосредственное отношение к образовательной деятельности.

Для отражения в модели численности абитуриентов могут быть использованы различные статистические модели (например, временные ряды или регрессионные модели). Однако для их построения необходима исходная информация, получение которой наталкивается на серьёзные трудности. Например, общее количество абитуриентов, зачисляемых в ВУЗ, будет зависеть от числа выпускников общеобразовательных учреждений и учреждений среднего профессионального образования, числа бюджетных мест в ВУЗе, числа бюджетных мест в других ВУЗах города (региона), уровня обеспеченности общежитиями и т.д.

Отражению в модели (прогнозированию), безусловно, подлежит и качественный состав поступающих (соответствующая модель уже построена и изложена в [10]). Он будет влиять на коэффициент отчисления, успехи студентов с точки зрения учебного процесса, отсюда – на будущее трудоустройство выпускников, далее – на привлекательность ВУЗа, а затем и на приток новых абитуриентов. Таким образом, мы имеем довольно сложный и многоступенчатый механизм обратной связи, адекватное отражение которого в модели является весьма непростой задачей.

В свою очередь, руководство университета в определенных рамках может влиять на «качество» абитуриентов: вложения в подготовительные курсы, строительство общежитий, других социальных объектов, дополнительные стипендии и т.п.

Блок «Образовательная деятельность». «Выходом» с точки зрения этого блока, вероятно, являются выпускники университета и их уровень подготовки. На этот уровень, как известно, влияет большое количество «входных» факторов: уровень ППС, «качество» абитуриентов, материально-техническая база, уровень научных исследований, возможность зарубежных стажировок.

Это, возможно, наиболее трудно формализуемый сегмент деятельности ВУЗа [11, 12].

Некоторые результаты можно получить, используя временные ряды и другие статистические модели. Однако эти подходы являются сложными с точки зрения получения исходных данных (хотя с этой точки зрения любой подход не прост) и не всегда позволяют отразить глубинные зависимости.

Выходные параметры этого блока должны использоваться в блоке «ППС» (аспирантура, «перетекание» студентов в категорию преподавателей). Каким-то образом необходимо отражать процессы, связанные с трудоустройством выпускников.

Возможно, целесообразным является применение агентного подхода к созданию модели, где определялись бы «правила развития» каждого студента в процессе обучения.

Блок «НИД». Выходными параметрами этого блока, показывающими результативность научно-исследовательской деятельности, могут являться объёмы освоенных денежных средств по НИР и хоздоговорам, количество публикаций и другие подобные показатели.

Входные параметры, влияющие на результативность НИД, обусловлены уровнем ППС, уровнем материально-технической базы, предыдущим уровнем научных исследований (чем он выше, тем больше шансов на получение новых грантов, и здесь возникает обратная связь).

Некоторые показатели НИР нужно обязательно поддерживать на уровне не ниже установленных значений – так называемые аккредитационные показатели (в противном случае ВУЗ может лишиться государственной аккредитации и бюджетного финансирования). Хотя эти связи и не являются столь очевидными и однозначными, получается, что выполнение аккредитационных показателей является ограничением, подлежащим обязательному учёту.

Существующие описания этого блока пока являются не моделями его функционирования, а различными подходами к выбору тех или иных критериев для рейтинговой оценки эффективности НИД [13].

Возможно, для данного блока применимы методы системной динамики, исследующей поведение сложных систем во времени и в зависимости от структуры элементов системы и наличия таких взаимодействий между ними, как причинно-следственные связи, петли обратных связей, задержки реакции, влияние среды и других. Существует формализованная нотация для описания моделей такого типа в виде схем. У истоков системной динамики научного и прикладного направления стоит Джей Форрестер [14, 15]. В целом же перспективы использования системной динамики для моделирования НИД пока сложно оценить.

Блок «Производство и инновации». Блок, по отношению к которому в литературе, наверное, представлено наибольшее число подходов [16, 17]. Производственная деятельность на микроуровне может быть описана, например, в терминах моделей математического программирования. В таком случае цель может заключаться в оптимизации производственной программы или, проецируя её на нашу задачу, в оптимальном распределении вложений между различными производственными структурами. Однако для случая моделирования деятельности ИНОК описание, скажем, каждой производственной структуры может оказаться слишком затратным.

Агрегированный подход, основанный на использовании производственных функций, применяется для описания на макроуровне, когда требуется отразить только основные показатели развития, например, объём производства, суммарные основные фонды, количество занятых в производстве [18]. В противоположность математическому программированию этот подход является довольно грубым, поскольку позволяет учесть ограниченное число факторов развития. На данном этапе сложно оценить перспективы формирования подходов к взаимосвязанному моделированию производственной и инновационной деятельности.

Блок «Материально-техническая база». Функционирование этого ресурсного блока влияет практически на все компоненты ИНОК. Возможен поиск аналитических зависимостей, касающихся необходимости и сроков обновления лабораторной и технической базы, оснащения аудиторий, ремонта помещений. При наличии соответствующих данных может быть использован анализ временных рядов.

Блок «Финансы». Для этого сегмента характерно то, что он является напрямую связанным со всеми аспектами деятельности ВУЗа. Потоки денежных средств задействованы во всех элементах ИНОК.

Необходимо описывать порядок формирования и механизмы распределения финансовых средств. Поступления происходят из различных источников: бюджетные средства, платные образовательные услуги, выполнение НИР и хозяйственных договоров, производственная и инновационная деятельность, средства сотрудников и учащихся (через комбинат общественного питания, санаторий-профилакторий и т.п.).

Для моделирования механизмов распределения необходима информация как о структуре доходов ВУЗа, так и о структуре его расходов. Возможен поиск аналитических зависимостей, отражающих влияние финансирования на те или иные компоненты системы.

Блок «Социальный сектор». Характеристики этой обеспечивающей подсистемы в разной степени являются параметрами функционирования других блоков. Скажем, обеспеченность общежитиями влияет на количество абитуриентов и, как следствие, на «качество» студентов; наличие (и доступность) санатория оказывает положительное воздействие на здоровье тех же студентов и ППС и эффективность учебной и научной деятельности.

Очевидно, что определённый уровень показателей этого блока необходим для нормального функционирования других блоков, но при этом он требует расходования

средств.

Таким образом, описание каждого из блоков – вопрос отдельного сложного исследования.

Задача сопряжения блоков (подсистем) в единую модель потребует, скорее всего, агрегативного моделирования, при котором сложный объект (систему) разбивают на конечное число частей (подсистем), сохраняя при этом связи, обеспечивающие их взаимодействие [4].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Аккумулируя сказанное выше, можно сказать, что методы имитационного моделирования применимы для ситуаций, когда необходимо описание поведения ОТС с большим количеством элементов (участников). При этом, если особенности индивидуального поведения не важны, возможно применение системно-динамического моделирования, использующего системы дифференциальных, разностных или рекуррентных алгебраических уравнений.

Если учитывать индивидуальную специфику объектов, то может быть использовано агентное моделирование.

В некоторых случаях могут оказаться уместными попытки подбора аналитических выражений для описания взаимосвязей между элементами подсистемы.

Статистические модели (например, регрессионные, анализ временных рядов) могли бы быть полезными в отдельных случаях или на этапах промежуточного анализа для получения значений ряда параметров.

Возможности использования аппарата математического программирования и производственных функций для моделирования блоков «Производство и инновации» и «НИД» видятся весьма ограниченными.

Проведённый анализ методов и подходов к моделированию компонентов ИНОК показал наличие большого числа сложных взаимосвязей между ними. Поэтому одной из первоочередных задач является их систематизация, а также поиск способов их наглядного представления с целью дальнейшего формализованного описания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коськин А.В., Константинов И.С. Иерархия информационных математических моделей системы образования // Известия ОрелГТУ. Научный журнал. Серия «Информационные системы и технологии». – 2004. – № 4. – С. 36-38.
2. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука: пер. с англ. – М.: Мир, 1978. – 418 с.
3. Кельтон В., Лоу А. Имитационное моделирование. Классика CS: пер. с англ. – СПб: Питер; Киев: Издательская группа ВНУ, 2004. – 847 с.
4. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем: учеб. для ВУЗов. – М.: Высш. шк., 2009. – 343 с: ил.
5. Борщёв А.В. От системной динамики и традиционного ИМ – к практическим агентным моделям: причины, технология, инструменты [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.gpss.ru/paper/borshevarc.pdf>.
6. Белотелов Н.В., Бродский Ю.И., Павловский Ю.Н. Сложность. Математическое моделирование. Гуманитарный анализ: исследование исторических, военных, социально-экономических и политических процессов / Предисл. Г.Г. Малинецкого. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. – С. 132.
7. Коськин А.В., Веригин А.Н., Константинов И.С. Организационные системы в сфере образования. – М: Машиностроение-1, 2004. – 368 с.
8. Аврашков П.П., Коськин А.В., Фролов А.И. Моделирование динамических характеристик структуры кадровых ресурсов высшей школы // Вестник компьютерных и информационных технологий, 2011. – № 8(56). – С. 40-47.

9. Аврашков П.П., Коськин А.В., Фролов А.И. Моделирование влияния снижения требований к абитуриентам и изменения престижности преподавательской деятельности на структуру кадровых ресурсов высшей школы // Известия Юго-Западного государственного университета, 2011. – № 3(36). – С. 90-99.
10. Аврашков П.П., Коськин А.В., Фролов А.И. Моделирование уровня подготовки абитуриентов при формировании системы управления интегрированными образовательными комплексами // Информационные системы и технологии, 2010. – № 3(59). – С. 95-102.
11. Новиков Д.А. Модели и механизмы управления развитием региональных образовательных систем (концептуальные положения). – М.: ИПУ РАН, 2001. – 83 с.
12. Новиков Д.А., Глотова Н.П. Модели и механизмы управления образовательными сетями и комплексами. – М.: Институт управления образованием РАО, 2004. – 142 с.
13. Бессарабов А.М., Софиев А.Э., Квасюк А.В., Гафитулин М.Ю. Разработка модели управления инновационным бюджетным финансированием отраслевой науки // Проблемы управления, 2010. – № 1. – С. 33-38.
14. Форрестер Дж. Основы кибернетики предприятия (индустриальная динамика): пер. с англ. – М.: Прогресс, 1971. – 340 с.
15. Форрестер Дж. Динамика развития города: пер. с англ. – М.: Прогресс, 1974. – 288 с.
16. Первозванский А.А. Математические модели в управлении производством. – М.: Наука, 1975. – 616 с.
17. Парамонов Ф.И., Солдак Ю.М. Теоретические основы производственного менеджмента. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2003. – 280 с.
18. Лопатников Л.И. Экономико-математический словарь: словарь современной экономической науки. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Дело, 2003. – 520 с.

Аврашков Павел Петрович

ФГБОУ ВПО «Госунiversитет–УНПК», г. Орёл
Кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник лаборатории
специального программного обеспечения
Тел.: 8 (4862) 43-56-11
E-mail: avrashkov@mail.ru

Коськин Александр Васильевич

ФГБОУ ВПО «Госунiversитет–УНПК», г. Орёл
Доктор технических наук, профессор, проректор по информатизации и дистанционному обучению
Тел.: (4862) 41-98-15
E-mail: koskin@ostu.ru

Терентьев Сергей Викторович

ФГБОУ ВПО «Госунiversитет–УНПК», г. Орёл
Кандидат экономических наук, доцент кафедры «Информационные системы»
Тел.: 8 (4862) 76-19-10
E-mail: terentev@ostu.ru

Фролов Алексей Иванович

ФГБОУ ВПО «Госунiversитет–УНПК», г. Орёл
Кандидат технических наук, доцент, директор ресурсного центра информатизации образования
Тел.: 8 (4862) 43-56-11
E-mail: aifrolov@ostu.ru

Ветров Роман Андреевич

ФГБОУ ВПО «Госунiversитет–УНПК», г. Орёл
Аспирант кафедры «Информационные системы»
Тел.: 8 (4862) 43-68-14
E-mail: ravetrov@gmail.com

P.P. AVRASHKOV (*Candidate of physical and mathematical sciences,
The senior research assistant of laboratory*)
A.V. KOSKIN (*Doctor of Engineering Sciences, Professor, Vice-chancellor*)

of informatization and teleirradiation)

S.V. TERENCEV (*Candidate of Economic Sciences, Associate Professor*)

A.I. FROLOV (*Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor*)

R.A. VETROV (*Post-graduate student of department «Information systems»*)

State University – ESPC, Orel

THE ANALYSIS OF METHODS AND APPROACHES FOR MODELING OF COMPONENTS OF THE COMPLEX ORGANIZATIONAL-TECHNICAL SYSTEMS

In this paper the questions of the complex organizational-technical systems are discussed. The classification of the basic mathematical models used by control actions formation in concerned systems is showed. The possible approaches for modeling of components of the complex organizational-technical systems the example on the integrated research-education complexes are analyzed. The conclusions about different classes of the mathematical models for the separate subsystems description are made.

Keywords: *organizational-technical system; integrated research-education complexes; simulation; control.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Kos'kin A.V., Konstantinov I.S. Ierarxiya informacionny'x matematicheskix modelej sistemy' obrazovaniya // *Izvestiya OryolGTU. Nauchny'j zhurnal. Seriya «Informacionny'e sistemy' i texnologii»*. – 2004. – № 4. – S. 36-38.
2. Shannon R. Imitacionnoe modelirovanie sistem – iskusstvo i nauka: per. s angl. – M.: Mir, 1978. – 418 s.
3. Kel'ton V., Lou A. Imitacionnoe modelirovanie. Klassika CS: per. s angl. – SPb: Piter; Kiev: Izdatel'skaya gruppa BHV, 2004. – 847 s.
4. Sovetov B.Ya., Yakovlev S.A. Modelirovanie sistem: ucheb. dlya VUZov. – M.: Vy'ssh. shk., 2009. – 343 s.: il.
5. Borshhyov A.V. Ot sistemnoj dinamiki i tradicionnogo IM – k prakticheskim agentny'm modelyam: prichiny', texnologiya, instrumenty' [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.gpss.ru/paper/borshevarc.pdf>.
6. Belotelov N.V., Brodskij Yu.I., Pavlovskij Yu.N. Slozhnost'. Matematicheskoe modelirovanie. Gumanitarny'j analiz: issledovanie istoricheskix, voenny'x, social'no-e'konomicheskix i politicheskix processov / Predislov. G.G. Malineckogo. – M.: Knizhny'j dom «LIBROKOM», 2009. – S. 132.
7. Kos'kin A.V., Verigin A.N., Konstantinov I.S. Organizacionny'e sistemy' v sfere obrazovaniya. – M.: Mashinostroenie-1, 2004. – 368 s.
8. Avrashkov P.P., Kos'kin A.V., Frolov A.I. Modelirovanie dinamicheskix xarakteristik struktury' kadrov'x resursovvy'sshej shkoly' // *Vestnik komp'yuterny'x i informacionny'x texnologij*, 2011. – № 8(56). – S. 40-47.
9. Avrashkov P.P., Kos'kin A.V., Frolov A.I. Modelirovanie vliyaniya snizheniya trebovanij k abiturientam i izmeneniya prestizhnosti prepodavatel'skoj deyatel'nosyi na strukturu kadrov'x resursov vy'sshej shkoly' // *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta*, 2011. – № 3(36). – S. 90-99.
10. Avrashkov P.P., Kos'kin A.V., Frolov A.I. Modelirovanie urovnya podgotovki abiturientov pri formirovanii sistemy' upravleniya integrirovanny'mi obrazovatel'ny'mi kompleksami // *Informacionny'e sistemy' i texnologii*, 2010. – № 3(59). – S. 95-102.
11. Novikov D.A. Modeli i mexanizmy' upravleniya razvitiem regional'ny'x obrazovatel'ny'x sistem (konceptual'ny'e polozheniya). – M.: IPU RAN, 2001. – 83 s.
12. Novikov D.A., Glotova N.P. Model ii mexanizmy' upravleniya obrazovatel'ny'mi setyami i kompleksami. – M.: Institut upravleniya obrazovaniem RAO, 2004. – 142 s.
13. Bessarabov A.M., Sofiev A.E', Kvasyuk A.V., Gafitulina M.Yu. Razrabotka modeli upravleniya innovacionny'm byudzhetny'm finansirovaniem otraslevoj nauki // *Problemy' upravleniya*, 2010. – № 1. – S. 33-38.
14. Forrester Dzh. Osnovy' kibernetiki predpriyatiya (industrial'naya dinamika): per. s angl. – M.: Progress, 1971. – 340 s.
15. Forrester Dzh. Dinamika razvitiya goroda: per. s angl. – M.: Progress, 1974. – 288 s.
16. Pervozvanskij A.A. Matematicheskie modeli v upravlenii proizvodstvom. – M.: Nauka, 1975. – 616 s.
17. Paramonov F.I., Soldak Yu.M. Teoreticheskie osnovy' proizvodstvennogo menedzhmenta. – M.: BINOM. Laboratoriyaznaniy, 2003. – 280 s.
18. Lopatnikov L.I. E'konomiko-matematicheskij slovar': slovar' sovremennoj e'konomicheskoy nauki. – 5-e izd., pererab. i dop. – M.: Delo, 2003. – 520 s.

УДК 658.012

С.И. АФОНИН, В.Т. ЕРЕМЕНКО, Т.М. ПАРАМОХИНА, Л.В. КУЗЬМИНА,
Д.А. ПЛАЩЕНКОВ**МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТОКОВ В СЕТЯХ ПЕРЕДАЧИ
ДАНЫХ ИНТЕГРИРОВАННЫХ АСУ**

Статья посвящена моделям и алгоритмам проектирования сетей передачи данных интегрированных АСУ по критерию минимума суммарного потока. Авторы исследуют связь между оптимальным размещением информационных ресурсов с задачей проектирования топологий сетей передач данных (СПД.)

Ключевые слова: сети передачи данных; автоматизированные системы управления (АСУ); критерий минимального суммарного потока; информационный поток.

За последнее время на предприятиях с непрерывным технологическим циклом стали широко внедряться информационные системы и АСУ нового поколения, основанные на текущих достижениях в области компьютерных и сетевых технологий. Такие предприятия относятся к относительно благополучным отраслям отечественной экономики (нефтеперерабатывающая, нефтехимическая, металлургическая и т.п.), что позволяет им вкладывать существенные инвестиции в развитие средств автоматизации производства и управления производством.

Положительный опыт внедрения разного рода автоматизированных систем (АС), возрастание роли современных информационных технологий в жизнедеятельности промышленных предприятий, развитие технологий построения сетей передачи данных, необходимость распределенного хранения и обработки данных привели к интенсификации внедрения средств автоматизации и, как следствие, к актуализации проблематики интеграции АС предприятия. Задача интеграции подсистем АСУТП и АСУП переходит в разряд первостепенных, без решения которой уже сложно себе представить современное производство [8].

Очевидно, что в основе создания интегрированных АСУ промышленных предприятий лежит интеграция АСУП и АСУТП, которая осложняется целым рядом факторов. Среди них выделяются следующие, имеющие ключевое значение для выбора подхода к осуществлению интеграции.

- Динамичность состава и среды функционирования (АС) предприятия. В процессе жизнедеятельности любого предприятия происходят разного рода преобразования организационного, технологического и технического характера, затрагивающие систему и (или) объект управления;
- Существенное различие темпов наступления отслеживаемых событий для АСУП и АСУТП. Управление ТП функционирует в реальном масштабе времени, определяемом поведением объектов управления, а к управлению предприятием требования реального масштаба времени не предъявляются, что на практике приводит к необходимости создания между АСУП и АСУТП промежуточных накопителей и преобразователей информации;
- Различие масштабов «старения» средств автоматизации управления и промышленного оборудования. В результате этого происходит «наслоение» АС, относящихся к разным поколениям вычислительной техники, программного обеспечения, средств промышленной автоматизации и т.д.

В настоящее время наблюдается резкий спрос со стороны органов управления (ОУ) к поиску новой информации и взаимному обмену информационными ресурсами. Постоянный рост представляемых сетевых услуг стимулируется запросами ключевых пользователей.

Однако растущий трафик влечет за собой серьезные проблемы. Сеть как система массового обслуживания не способна удовлетворить запросы, интенсивность поступления которых превосходит некоторое предельное для нее значение. При приближении к этому критическому значению растут задержки при передаче информации и в некоторый момент они становятся неприемлемо большими. Особенно критичны к задержкам услуги передачи в реальном времени звука и видео.

Проектирование топологий сетей передач данных основано на двух принципиально различных подходах. Первый подход использует методы суперпозиции и композиции для построения графов, обладающих экстремальными характеристиками, и используется, как правило, для проектирования топологий вычислительных систем. Вторым подходом, применяемым для проектирования топологий телекоммуникационных сетей, основан на анализе мест расположения узлов и потоков информации между узлами. Такой подход реализован в известных методах Майеды-Цзяня [10], Гомори-Ху [13], Клейнрока [7].

Потоковое моделирование рассмотрено в работах исследователей [2, 4-7, 12]. В них были проанализированы различные алгоритмы реализации потоковой модели СПД: на базе каналов провайдера, на базе отдельных потоков и всех потоков сетей передачи данных. Приведено описание возможных сценариев реализации потоковой модели СПД при статическом и динамическом задании занимаемой полосы пропускания в потоках и кратко рассмотрены возможные подходы к прогнозу трафика в потоках с учетом различных его видов. В [9] приведены аргументы в пользу того, что потоковая модель СПД с оптимальной полосой пропускания должна основываться на древовидной топологии, представлен алгоритм со сложностью $O(mn)$ для определения древовидной топологии с оптимальной полосой пропускания в случае, когда звенья сети имеют бесконечную пропускную способность и требования к полосе пропускания в каждой конечной точке симметричны (т.е. $B_v^{out} = B_v^{in}$ для всех конечных точек v СПД).

Если звенья сети имеют бесконечную пропускную способность и требования к полосе пропускания в каждой конечной точке СПД являются произвольными (например, асимметричными), то в [8, 9] доказано, что определить древовидную топологию СПД с оптимальной полосой пропускания NP – сложно, а также предложено решение задачи путем формулирования ее, как задачи целочисленного линейного программирования. В этом случае алгоритм аппроксимации получен с помощью решения упрощенной задачи линейного программирования и округления дробного решения до целочисленного. Другие алгоритмы аппроксимации получены с использованием прямодвойственного метода и метода на основе поиска в ширину.

Оптимальный алгоритм реализации потоковой модели СПД рассматривает случай с разделяемой маршрутизацией. В этом случае трафик между каждой парой конечных точек (u, v) сети передачи данных может быть передан по нескольким путям в произвольной форме.

Рассмотрим гетерогенную систему передач данных, состоящую из элементов N типов и сети передачи данных. Система передачи данных должна решать совокупность прикладных задач, составляющих множество $\Omega = \{\omega_j | j = 1 \dots J\}$, причем каждой прикладной задаче соответствует своя интенсивность поступления. Каждая прикладная задача представлена в виде комплексной граф-модели $\Gamma_j = (U_j, G_j)$, которая содержит функционально полную группу логических условий входа в вершины программных модулей и выхода из них без ограничения на конфигурацию циклов, ветвей и условных переходов.

Необходимо осуществить распределение программных модулей прикладных задач при минимальном времени их выполнения и условии минимизации задержки решения наиболее приоритетных прикладных задач АСУП.

Для поиска оптимального размещения программных модулей вводится целевая функция $w(A) = \sum_{i=1}^J \beta_j (T_j^\delta - T_j(A_j)) \rightarrow \max$, где $T_j(A_j)$ – время выполнения j -ой прикладной

задачи, при распределении, задаваемом матрицей A_j , $A_j = [a_{i,k}]$ – матрица размещения программных модулей прикладной задачи. Существенными признаются следующие ограничения:

$$\begin{aligned} \forall \omega_j \in \Omega, T_j(A_j) < T_j^\delta; \\ \forall u_{j,k} \in U_j, \exists Z = \{z_n | a_{n,j,k} = 0\}; \\ \forall u_{j,k} \in U_j, \sum a_{i,j,k} \geq 1, \end{aligned}$$

где Z – множество всех элементов системы передач данных, z_n – СПД n-типа. Приведенные неравенства описывают ограничения на время выполнения прикладной задачи и возможное размещение программных модулей в СПД.

Приведенная задача является более сложной, чем задача планирования работ мультипроцессорных систем и является NP-полной. Решение возможно на основе приближенного алгоритма поиска множества локально-оптимальных решений с последующим выбором из этого множества окончательного решения.

В большинстве работ [4, 7, 9, 11, 13] в качестве критерия оптимизации используются, как правило, либо суммарный поток в сети, либо время доступа к ресурсам, либо стоимостные показатели.

При использовании в качестве критерия временных показателей ключевым является следующее отношение для определения средней задержки сообщения:

$$T = \frac{1}{\gamma} \sum_{i=1}^M \frac{\lambda_i}{\mu C_i - \lambda_i}, \quad (1)$$

где M – количество ребер (линий) в сети, λ_i – интенсивность пуассоновского потока на i ребре, γ – суммарный внешний поток, μC_i – пропускная способность i ребра.

Использование среднего времени задержки сообщения в качестве критерия оптимизации позволяет проектировать сети с минимальной задержкой. Однако при использовании этого критерия задача оптимизации оказывается нелинейной и допускает, как правило, лишь приближенное решение.

Альтернативным критерием является критерий минимального суммарного потока в СПД. Поэтому представляет интерес сравнение этих критериев, определение их взаимосвязи.

При использовании критерия минимума суммарного потока целевая функция определяется следующим образом:

$$\Lambda = \sum_{i=1}^M \lambda_i, \quad (2)$$

где λ_i – поток на i канале связи сети, M – количество каналов связи.

Определим связь (1) и (2). Положим в (1)

$$\frac{1}{\mu C_i - \lambda_i} = \Delta = const, \quad (3)$$

тогда

$$T = \frac{1}{\gamma} \sum_{i=1}^M \Delta \lambda_i = \frac{\Delta}{\gamma} \sum_{i=1}^M \lambda_i. \quad (4)$$

Из (4) следует, что критерий минимального среднего времени доступа эквивалентен критерию минимального суммарного потока в сети, если выполняется (3).

В свою очередь $\mu C_i - \lambda_i = \mu \left(\frac{C_i}{\lambda_i} - 1 \right) = \mu (\rho_i - 1)$. Поэтому $\Delta = const$, если $\rho_i = \rho = const$.

Сети, удовлетворяющие условию $\mu C_i - \lambda_i = const$, назовем сбалансированными.

Отличительной особенностью задачи оптимизации сети по критерию минимального суммарного потока является ее линейность, что позволяет надеяться на получение более простых алгоритмов ее решения по сравнению с алгоритмами решения задачи в терминах минимизации среднего времени доступа.

Использование критерия минимальности суммарного потока позволяет также определять пропускные способности каналов связи при проектировании сбалансированных сетей, если определена их топология.

В канальной модели наиболее существенным является предположение о том, что матрица трафика Y известна заранее. Однако в современных сетях с несколькими приложениями, когда телекоммуникационные требования часто изменяются со временем, матрицу трафика трудно задать заранее. Для преодоления этого недостатка можно использовать потоковые модели реализации СПД, которые обеспечивают большую гибкость в передаче трафика. В этих моделях задаются потоки B_i^{in} и B_i^{out} как суммарные величины трафика каждой конечной точки, который она может принимать и передавать; в СПД необходимо обеспечить поддержку любой допустимой матрицы трафика с учетом занятия соответствующих полос пропускания на отдельных участках сети.

Задача моделирования СПД при использовании потоковых моделей может быть сформулирована следующим образом. Заданы:

- граф сети G с набором вершины V и удельной стоимостью полосы пропускания S_{uv} для каждого ребра $u, v \in E$

- для каждой конечной точки СПД $i \in P$ пара максимальных значений трафика на входе и выходе B_i^{in} и B_i^{out} , $\in Z_+$ (Z_+ – множество действительных положительных чисел).

Найти такое распределение суммарной полосы пропускания C с минимальной стоимостью, чтобы граф G с полосами пропускания C_{uv} каждого ребра u, v , обеспечивал бы реализацию любой матрицы трафика Y , удовлетворяющей заданным значениям передаваемого трафика конечных точек СПД, т.е. для любой матрицы трафика $Y: |P| \times |P| \rightarrow Z_+ : \sum_{i \in P, i \neq j} y_{ij} \leq B_j^{in}$ и $\sum_{i \in P, i \neq j} y_{ij} \leq B_j^{out}$ для любого узла $j \in P$.

Дополнительные ограничения:

1. Структурные ограничения, когда СПД имеет специальную структуру, например, в виде дерева;

2. Неразделяемая маршрутизация потоков, когда отсутствует деление потоков на несколько частей, передаваемых по разным путям, т.е. для любой допустимой матрицы трафика Y и любой пары конечных точек (i, j) с трафиком $y_{ij} > 0$ поток маршрутизируется по единственному пути;

3. Разделяемая маршрутизация потоков, когда используется разделение потоков на несколько частей, т.е. для любой допустимой матрицы трафика Y и любой пары конечных точек (i, j) с трафиком $y_{ij} > 0$ поток маршрутизируется по нескольким путям.

Тогда задача проектирования СПД на базе потоковых моделей может быть сведена к нахождению занимаемой полосы пропускания C с минимальной стоимостью для каждого ребра (u, v) и маршрута P_{ij} в графе G для передачи трафика СПД, при этом должна поддерживаться любая допустимая матрица трафика Y , удовлетворяющая потоку из конечной точки СПД i в конечную точку j , направляемому по маршруту P_{ij} .

Общая архитектура системы моделирования СПД на базе потоковых моделей показана на рисунке 1; она включает два основных алгоритма – алгоритм синтеза и алгоритм анализа. Алгоритм синтеза позволяет определить оптимальную топологию СПД на основании исходных данных о топологии сети и трафика конечных точек СПД, а алгоритм

анализа обеспечивает проверку возможности реализации заданной матрицы трафика при выбранной топологии СПД и способе маршрутизации потоков.

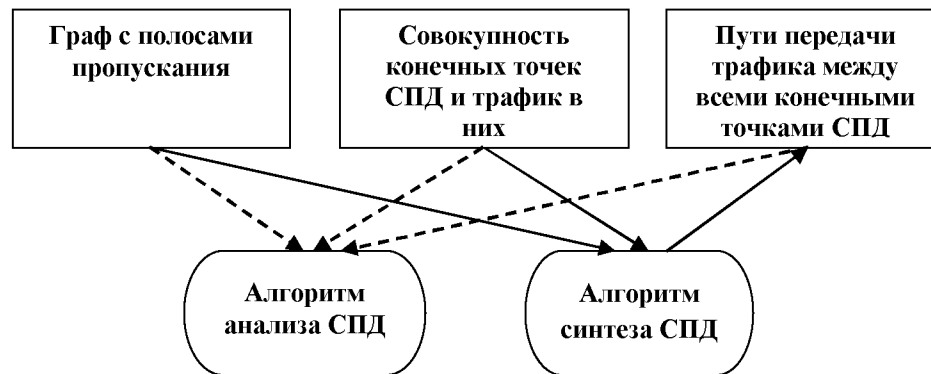


Рисунок 1 – Общая архитектура системы проектирования СПД на базе потоковых моделей

Модель с асимметричным трафиком конечных точек подразумевает, что для конечной точки v значения трафика на входе B_v^{in} и на выходе B_v^{out} различны. При асимметричном трафике усложняется расчет даже древовидной топологии СПД, так как резервируемая полоса на ребре (i, j) может быть неодинаковой в разных направлениях, т.е. для дерева T , соединяющего конечные точки СПД, $C_T(i, j)$ может быть не равно $C_T(j, i)$. Это объясняется тем, что

$$\begin{aligned} C_T(i, j) &= \min \left\{ \sum_{v \in P_i^{(i,j)}} B_v^{out}, \sum_{v \in P_j^{(i,j)}} B_v^{in} \right\}, \\ C_T(j, i) &= \min \left\{ \sum_{v \in P_i^{(j,i)}} B_v^{in}, \sum_{v \in P_j^{(j,i)}} B_v^{out} \right\}. \end{aligned} \quad (5)$$

Применение модели для анализа реализации СПД. Пусть в СПД соединяются конечные точки $P = \{0, 1, \dots, 4\}$ (рис. 2). Трафик конечных точек СПД определен следующим образом: для конечных точек 0 и 1 $B_{in} = 3, B_{out} = 6$, а для конечных точек 2, 3 и 4 $B_{in} = 3, B_{out} = 4$. Распределение резервируемых полос пропускания в обоих направлениях для ребер дерева в виде стрелок с соответствующими числами показано на рисунке 2. Например, для ребра $(5, 6)$ $C_T(5, 6) = 9$ (так как $\sum_{v \in P_5^{(5,6)}} B_v^{out} = 12$ больше, чем $\sum_{v \in P_6^{(5,6)}} B_v^{in} = 9$), а $C_T(6, 5) = 6$ (так как $\sum_{v \in P_6^{(6,5)}} B_v^{out} = 12$ больше, чем $\sum_{v \in P_5^{(6,5)}} B_v^{in} = 6$). Аналогично можно показать, что для ребра $(6, 7)$ $C_T(6, 7) = 6$ (так как $\sum_{v \in P_6^{(6,7)}} B_v^{out} = 16$ больше, чем $\sum_{v \in P_7^{(6,7)}} B_v^{in} = 6$), а $C_T(7, 6) = 8$ (так как $\sum_{v \in P_7^{(7,6)}} B_v^{out} = 8$ меньше, чем $\sum_{v \in P_6^{(7,6)}} B_v^{in} = 9$).

Алгоритм нахождения оптимальной древовидной топологии СПД в случае асимметричного трафика конечных точек. Определим свойства древовидной топологии графа, соединяющего конечные точки с асимметричной полосой пропускания.

Для ребра (i, j) дерева T будем считать, что оно смещено по направлению к вершине i , если выполняются два условия:

1. $\left(\sum_{v \in P_i^{(i,j)}} B_v^{in} < \sum_{v \in P_i^{(i,j)}} B_v^{out} \right)$ или $\left(\sum_{v \in P_i^{(i,j)}} B_v^{in} = \sum_{v \in P_i^{(i,j)}} B_v^{out} \right)$ и $P_i^{(i,j)}$ содержит специальную вершину \hat{v} .
2. $\left(\sum_{v \in P_i^{(i,j)}} B_v^{out} < \sum_{v \in P_i^{(i,j)}} B_v^{in} \right)$ или $\left(\sum_{v \in P_i^{(i,j)}} B_v^{out} = \sum_{v \in P_i^{(i,j)}} B_v^{in} \right)$ и $P_i^{(i,j)}$ содержит специальную вершину \hat{v} .

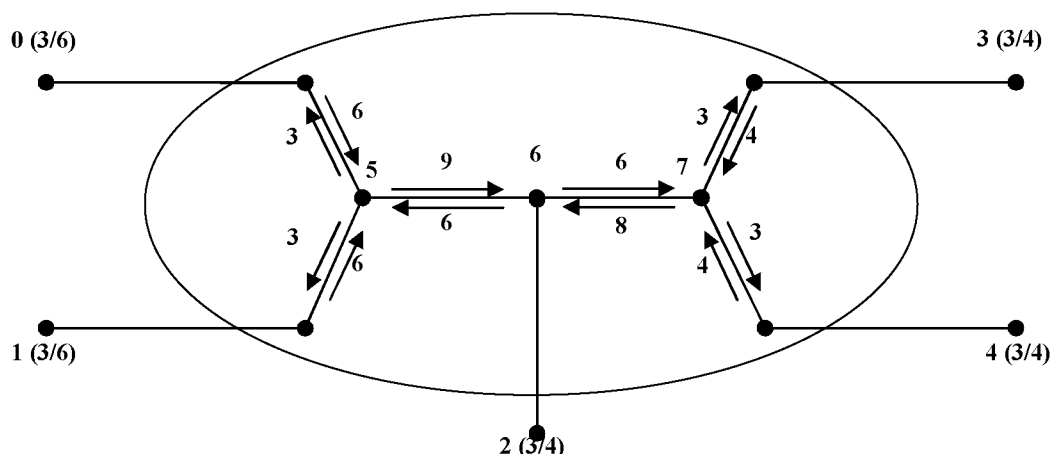


Рисунок 2 – Пример дерева с асимметричным трафиком конечных точек СПД

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье обосновано, что для сбалансированных СПД оптимизация по критерию минимума суммарного потока эквивалентна оптимизации по критерию минимального среднего времени доступа.

Показано, что сильно загруженная СПД является сбалансированной и для ее оптимизации обоснован критерий минимальности суммарного потока. Особый интерес для анализа представляют сбалансированные сети, для которых производительность не стремится к крайним значениям, т.к. они обладают хорошими техническими (среднее время доступа к ресурсам) и стоимостными характеристиками. Представленные результаты не ограничивают применение других методов снижения задержек при передаче данных по СПД. Снижение суммарного потока в сети (или в произвольном подмножестве линий связи сети) может быть использовано для оптимального размещения информационных ресурсов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бернер Л.И., Собкин Б.Л. Автоматизированное распределение ресурсов многомашинных вычислительных систем // Приборы и системы управления, 1992. – № 5. – С. 5-8.
2. Duffield N.Q. Resource management with hose: point-to-cloud services for virtual private networks/ Duffield N.Q., Goyal P., Mishra P. // IEEE/ACM Transactions on Networking, 2002. – V. 10. – № 5. – P. 679-692.
3. Еременко В.Т. Проектирование логической структуры распределенной телекоммуникационной среды предприятия / В.Т. Еременко, С.И. Афонин, А.Е. Георгиевский // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – Пенза: Издательство Пензенского государственного университета, 2006. – № 6. – С. 141-150.
4. Еременко В.Т. Методика оптимизации структуры кампусных компонентов корпоративных сетей предприятия / В.Т. Еременко, С.И. Афонин, О.В. Третьяков, С.В. Еременко // Известия Тульского государственного университета. Серия «Технологическая системотехника». – Тула: Издательство ТулГУ, 2006. – Вып. 13. – С. 13-22.
5. Еременко В.Т. Способы и приемы предотвращения блокировок процессов информационного обмена в сетях передачи данных предприятия / В.Т. Еременко, А.В. Косыкин, С.И. Афонин, А.Н. Савенков, В.Е. Фисенко // «Вестник компьютерных и информационных технологий», 2008. – № 12. – С. 38-43.

6. Еременко В.Т. Исследование поведения транспортных протоколов в корпоративных сетях в условиях интенсивного трафика / В.Т. Еременко, П.А. Сысоев, А.С. Засимов // Известия ОрелГТУ, 2008. – № 4-3/272(550). – С. 9-12.
7. Клейнрок Л. Вычислительные системы с очередями. – М.: Мир, 1979. – 600 с.
8. Колосов Д.Э. Модели и методы оптимального размещения информационных ресурсов в научно-образовательных телекоммуникационных сетях. – М., 2005. – 152 с.
9. Кормен Т.Х. Алгоритмы: построение и анализ / Кормен Т.Х., Лейзерсон Ч.И., Ривест Р.Л., Штайн К. – М.: Вильямс, 2005. – 2-е издание. – 1296 с.
10. Майеда В. Матрицы заключительных мощностей и матрицы пропускных способностей ветвей // Кибернетический сборник. – № 9. – М.: Мир, 1964. – С. 142-166.
11. Росляков А.В. Виртуальные частные сети. Основы построения и применения. – М.: ЭкоТрендз, 2006. – 306 с.
12. Торопов В.Н. Оптимизация размещения программных модулей и их копий в вычислительной системе // Известия ВУЗов. Приборостроение, 1993. – № 2. – С. 63-67.
13. Ху Т. Целочисленное программирование и потоки в сетях. – М.: Мир, 1974. – 520 с.

Афонин Сергей Иванович

ФГБОУ ВПО «Госунiversитет – УНПК», г. Орел
Кандидат экономических наук, докторант кафедры
«Электроника, вычислительная техника и информационная безопасность»
Тел.: 8 (4862) 41-57-58

Еременко Владимир Тарасович

ФГБОУ ВПО «Госунiversитет – УНПК», г. Орел
Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Электроника, вычислительная техника и информационная безопасность»
Тел.: 8 (4862) 41-98-79
E-mail: vladimir@orel.ru

Парамохина Татьяна Михайловна

Академия ФСО, г. Орел
Кандидат технических наук, кафедра «Математика»
Тел.: 8 910 208 37 71

Кузьмина Людмила Васильевна

ФГБОУ ВПО «Государственный университет – УНПК», г. Орел
Аспирант кафедры «Электроника, вычислительная техника и информационная безопасность»
Тел.: 8 960 641 45 37
E-mail: klv1315@mail.ru

Плащенко Дмитрий Алексеевич

ФГБОУ ВПО «Государственный университет – УНПК», г. Орел
Аспирант кафедры «Электроника, вычислительная техника и информационная безопасность»
Тел.: 8 (4862) 45-57-57
E-mail: evtib@ostu.ru

S.I. AFONIN (*Candidate of Engineering Sciences, doctoral candidate of the department
«Electronics, computer facilities and information security»*)

V.T. EREMENKO (*Doctor of Engineering Sciences, Professor,
Head of the department «Electronics, computer facilities and information security»
State University – ESPC, Orel*)

T.M. PARAMOHINA (*Candidate of Engineering Sciences,
department «Mathematics »*)

The Federal Guard Service Academy of Russia, Orel

L.V. KUZMINA (*Post-graduate student of the department
«Electronics, computer facilities and information security»*)

D.A. PLASHENKOV (*Post-graduate student of the department*)

MODELING INFORMATION FLOWS IN THE DATA TRANSMISSION NETWORK INTEGRATED ACS

The article is devoted to models and algorithms for designing data networks, integrated by ACS (automated control systems) by the criterion of minimum of total flow. The authors explore the relationship between the optimal location of information resources and the task of the topology s designing of data transmission networks (DTN).

Keywords: data networks; automated control systems (ACS); the criterion of minimal total flow; information flow.

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Berner L.I. Avtomatizirovannoe raspredelenie resursov mnogomashinny'x vy'chislitel'ny'x sistem // Pribory i sistemy upravleniya, 1992. – № 5. – S. 5-8.
2. Duffield N.Q. Resource management with hose: point-to-cloud services for virtual private networks/ Duffield N.Q., Goyal P., Mishra P. // IEEE/ACM Transactions on Networking, 2002. – V. 10. – № 5. – P. 679-692.
3. Eryomenko V.T. Proektirovanie logicheskoy struktury raspredelyonnoy telekommunikacionnoy sredy predpriyatiya / V.T. Eryomenko, S.I. Afonin, A.E. Georgievskij // Izvestiya vy'sshix uchebny'x zavedenij. Povolzhskij region. Texnicheskie nauki. – Penza: Izdatel'stvo Penzenskogo gosudarstvennogo universiteta, 2006. – № 6. – S. 141-150.
4. Eryomenko V.T. Metodika optimizacii struktury kampusny'x komponentov korporativny'x setej predpriyatiya / V.T. Eryomenko, S.I. Afonin, O.V. Tret'yakov, S.V. Eryomenko // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya «Texnologicheskaya sistemomexanika». – Tula: Izdatel'stvo TulGU, 2006. – Vy'p. 13. – S. 13-22.
5. Eryomenko V.T. Sposoby i priomy predotvrashheniya blokirovok processov informacionnogo obmena v setyax peredachi danny'x predpriyatiya / V.T. Eryomenko, A.V. Kos'kin, S.I. Afonin, A.N. Savenkov, V.E. Fisenko // «Vestnik komp'yuterny'x i informacionny'x texnologij», 2008. – № 12. – S. 38-43.
6. Eryomenko V.T. Issledovanie povedeniya transportny'x protokolov v korporativny'x setyax v usloviyax intensivnogo trafika / V.T. Eryomenko, P.A. Sy'soev, A.S. Zasimov // Izvestiya OryolGTU, 2008. – № 4-3/272(550). – S. 9-12.
7. Klejnrok L. Vy'chislitel'ny'e sistemy s ocheredyami. – M.: Mir, 1979. – 600 s.
8. Kolosov D.E'. Model ii metody optimal'nogo razmeshheniya informacionny'x resursov v nauchno-obrazovatel'ny'x telekommunikacionny'x setyax. – M., 2005. – 152 s.
9. Kormen T.X. Algoritmy: postroenie i analiz / Kormen T.X., Lejzerson Ch.I., Rivest R.L., Shtajn K. – M.: Vil'yams, 2005. – 2-e izdanie. – 1296 s.
10. Majeda V. Matricy zaklyuchitel'ny'x moshhnostej i matricy propuskny'x sposobnostej vetvej // Kiberneticheskij sbornik. – № 9. – M.: Mir, 1964. – S. 142-166.
11. Roslyakov A.V. Virtual'ny'e chastny'e seti. Osnovy postroeniya i primeneniya. – M.: E'koTrendz, 2006. – 306 s.
12. Toropov V.N. Optimizaciya razmesheniya programmny'x modulej i ix kopij v vy'chislitel'noj sisteme // Izvestiya VUZov. Priborostroenie, 1993. – № 2. – S. 63-67.
13. Xu T. Celochislennoe programmirovaniye i potoki v setyax. – M.: Mir, 1974. – 520 s.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ТЕРРИТОРИЙ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ

Предложены пути интеллектуализации автоматизированных систем управления экологической безопасностью территорий жилой застройки на основе осуществления в АСУ компьютерных экспериментов по оценке и прогнозированию экологической ситуации с определением возможных управляющих воздействий.

Ключевые слова: модели экологической ситуации; автоматизированная система управления; интеллектуализация принятия решений.

ВВЕДЕНИЕ

Сегодня создание жилых комплексов в городах России часто осуществляется в условиях отсутствия общей стратегии социально-экономического развития территории, без учета основополагающих принципов устойчивого развития, связанных с обеспечением высокого качества жизни населения страны и экологической безопасности ее территории. Не проводится оценка и прогнозирование качественного состояния компонентов природной сферы, формирование которого зависит от суммарного воздействия различных техногенных объектов с учетом их взаимосвязи.

В результате территория жилой застройки зачастую оказывается в зонах устойчивой (в пространстве и во времени) неблагоприятной экологической ситуации, где показатели качества компонентов природной среды не соответствуют санитарно-гигиеническим нормам. Так, в настоящее время в городах со средними за год концентрациями вредных примесей в атмосферном воздухе выше предельно-допустимых норм проживает 65 млн человек (более 45% населения РФ). При этом 60% городского населения проживает в условиях высокого и очень высокого уровня загрязнения воздуха (по данным Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору).

Следует отметить, что при современном уровне развития экономики России техногенные и природные объекты, а также процессы их взаимодействия характеризуются сложностью и высокой динамичностью. Это определяет необходимость сбора и переработки больших объемов разнородной информации при решении задач управления экологической безопасностью и, что особенно важно, необходимость оперативной и адекватной реакции на динамику параметров и структуры техногенных и природных объектов. Сегодня реализация подобных требований неотъемлемо связана с использованием передовых информационных и телекоммуникационных технологий, созданием автоматизированных систем управления (АСУ) экологической безопасностью на территориях жилой застройки. При этом актуальна идея не просто разработки АСУ, а также обеспечения их интеллектуализации – такого процесса передачи функций управления от человека к компьютеру; последний характеризуется выполнением управляющих функций точнее, быстрее и надежнее, чем человек. Для этого необходим синтез функционирования различных компонентов АСУ на базе специально разрабатываемых динамических математических моделей, адекватных изменениям параметров и структуры объекта управления и внешней среды. Совокупность таких моделей и их программная реализация представляют собой встроенные интеллектуальные компоненты поддержки принятия управленческих решений.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Одним из важнейших направлений интеллектуализации АСУ экологической безопасностью является наделение системы функциями адекватной компьютерной оценки

сложившейся экологической ситуации на рассматриваемой территории и прогнозирования ее развития, в том числе, в результате реализации определенных управляющих воздействий.

Компьютерная оценка и прогнозирование уровня загрязнения компонентов природной среды (атмосферного воздуха, акустической среды, водных и почвенных ресурсов и т.д.) на территории жилой застройки представляет собой процесс определения с применением специально разработанных математических моделей и соответствующих компьютерных программ значений величин, являющихся показателями качественного состояния природной сферы на данной территории, сформированного (прогнозируемого) в результате воздействия техногенных и природных объектов; происходит их сравнение с требуемыми значениями (нормами) и выявление причин возникновения неблагоприятной экологической ситуации.

На данной основе в интеллектуальной АСУ должны в автоматизированном режиме определяться возможные управляющие воздействия, связанные с изменением технологических и технических параметров, а также параметров инфраструктуры территории, которые позволят достигнуть благоприятной экологической ситуации.

Уровень и устойчивость экологически опасных зон (их размеры, периодичность возникновения, продолжительность), возникающих на территории жилой застройки в современных городах, определяются объемами и составом загрязнений, поступающих в природную сферу при функционировании техногенного комплекса данного региона. Кроме того, на количественные и качественные характеристики экологически неблагоприятных зон прямое влияние оказывают различные природно-климатические факторы, особенности городской застройки, наличие и тип зеленых насаждений, взаимовлияние техногенных объектов, расстояние от них (например, от автодороги) до границы жилой застройки.

Задача заключается в построении математических моделей и их программной реализации, позволяющих:

- определять текущую и прогнозную концентрацию загрязнений на территории жилой застройки, уровень шумового воздействия, интегральный показатель загрязнения воздушного бассейна в зависимости от особенностей инфраструктуры, параметров транспортных потоков прилегающих автодорог, метеоусловий;

- определять рекомендуемые параметры инфраструктуры и параметры транспортных потоков прилегающих автодорог, обеспечивающие в жилой зоне при различных метеоусловиях соблюдение требуемых значений показателей качества атмосферного воздуха и акустической среды.

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛЕЙ ОЦЕНКИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ НА ТЕРРИТОРИИ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ НА ОСНОВЕ АППАРАТА ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

При создании комплекса математических моделей был проведен анализ имеющихся расчетных методик и рекомендаций, специализированных математических моделей и компьютерных программ, различных методов моделирования. Предложен алгоритм построения адекватных нейросетевых моделей по оценке и прогнозированию экологической ситуации, показанный на рисунке 1. На шаге [1] осуществляется выбор параметров (входных и выходных) математической модели, планирование экспериментов и сбор необходимой экоинформации. В результате создается специализированная база данных наблюдений, на основе которой на шаге [2] формируются обучающая и тестовая выборки, используемые для последующего обучения искусственной нейронной сети (ИНС) с оценкой ошибки ее обучения и для оценки прогностических возможностей построенной и обученной ИНС по ошибке обобщения (прогноза). На шаге [3] должна быть проведена интегральная оценка корректности задачи: исследуется корректность задачи на всей области значений варьируемых параметров, используемых для построения математической модели. При получении на шаге [3] неприемлемо большой ошибки обучения (более 10%) диагностируется

некорректная постановка соответствующей задачи. Для осуществления дифференциальной оценки степени некорректности задачи реализуется шаг 5. Если заданная исследователем степень корректности будет достигнута, то для получения адекватной математической модели в виде обученной ИНС с хорошими предсказательными способностями в области корректности задачи также реализуются шаги 4.1-4.3. В том случае, если не удалось достигнуть заданной степени корректности, следует рассмотреть возможность получения дополнительных данных, изменения количественного и/или качественного состава параметров математической модели. В результате произойдет изменение и/или дополнение базы данных наблюдений и, соответственно, обучающей и тестовой выборки. Таким образом, будут повторно реализованы шаги 1-3.

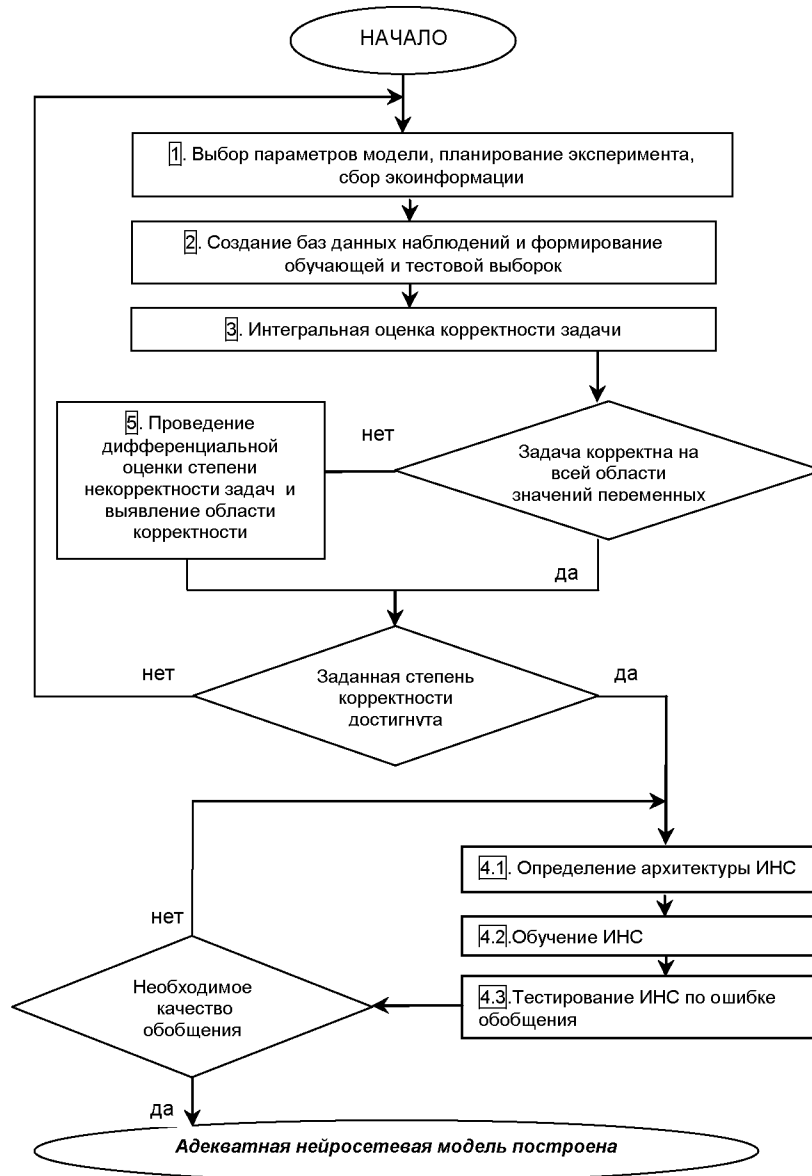


Рисунок 1 – Алгоритм построения адекватных нейросетевых моделей по оценке и прогнозированию экологической ситуации

Оценка экологической ситуации по состоянию воздушного бассейна будет действительно реальной основой для выработки рациональных управленческих решений, когда это будет оценка совокупного состояния различных компонентов рассматриваемой природной среды. Это очень важно для обеспечения правильного выбора из множества представленных альтернативных сценариев управления. Инструментальным воплощением

указанного принципа является специализированная модель, позволяющая проводить экспертную интегральную оценку экологической ситуации. Подобная модель является синтезирующей: ее решения синтезируются на основе отдельных элементов знаний. Для создания такой модели используется понятие лингвистической переменной и аппарат нечеткой логики [1,2]

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛЕЙ

Для реализации поставленных задач использована система компьютерной математики MATLAB, которая предоставляет возможность программирования, ориентированного на технические и математические расчеты; возможность строить и обучать искусственные нейронные сети, которые впоследствии обеспечивают возможность проведения нужных расчетов согласно созданному алгоритму. Разработанный компьютерный программный комплекс «Оценка и прогнозирование уровня экологической ситуации на территории жилой застройки» включает пять основных модулей, позволяющих проводить следующие компьютерные эксперименты:

- по оценке и прогнозированию концентрации вредных примесей в атмосфере жилых территорий (оксида углерода – CO , диоксида азота – NO_x , углеводородов – C_xH_y , диоксида серы – SO_2) в зависимости от фонового промышленного воздействия, параметров транспортного потока на прилегающих автодорогах, расстояния до дороги, коэффициента озеленения, плотности и высотности застройки, скорости и направления ветра (программа **ИНС_АТМОСФЕРА**);

- по оценке и прогнозированию значений эквивалентного уровня шума на территории жилой застройки в зависимости от фона, параметров транспортного потока на прилегающих автодорогах, расстояния до дороги, коэффициента озеленения, плотности и высотности застройки, скорости ветра и его направления (программа **ИНС_ШУМ**);

- по интегральной оценке качества воздушного бассейна по совокупному состоянию атмосферного воздуха и акустической среды (программа **ЭС**);

- по определению рекомендуемого значения озеленения территории, расстояния от автодороги предполагаемого для строительства жилого дома, плотности застройки (программа **ИНС_ИНФРАСТРУКТУРА**);

- по определению интенсивности и структуры транспортного потока на прилегающей к жилому комплексу автодороге, расстояния до жилой застройки, которые позволят обеспечить требуемое состояние компонентов воздушного бассейна (программа **ИНС_АВТОДОРОГА**).

На рисунке 2 представлен алгоритм по интегральной оценке и прогнозированию экологической ситуации на территории жилой застройки с выработкой возможных регулирующих мероприятий. На схеме использованы следующие обозначения:

$C_{CO}, C_{NO_2}, C_{SO_2}$ – концентрации CO, NO_2, SO_2 в атмосфере жилой застройки, mg/m^3 ;

$L_{экв.}$ – эквивалентный уровень шума на территории жилой застройки, дБА;

N – часовая интенсивность потока автотранспорта на прилегающей автодороге, авт./ч;

$N_{л.}, N_{гр.}, N_{авт.}$ – поток легковых, грузовых автомобилей и автобусов, авт./ч;

$Q_{г.авт.}$ – доля в потоке грузовых автомобилей и автобусов, %;

V – скоростной режим потока автотранспорта на прилегающей автодороге, км/ч;

l', l – ширина улицы и проезжей части на прилегающей автодороге, м;

l'' – расстояние от границы жилой застройки до автодороги или промышленного объекта, м.

H – высотность застройки (85% обеспечения), м;

$k_з.$ – плотность застройки, %;

$k_{оз.}$ – коэффициент озеленения, ед./100 м.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование разработанных моделей оценки и прогнозирования экологической ситуации на территории жилой застройки, а также моделей определения возможных управляющих воздействий на техногенные объекты, снижающих уровень их негативного воздействия на природную сферу, с проведением соответствующих компьютерных экспериментов обеспечит интеллектуализацию автоматизированных систем управления экологической безопасностью.

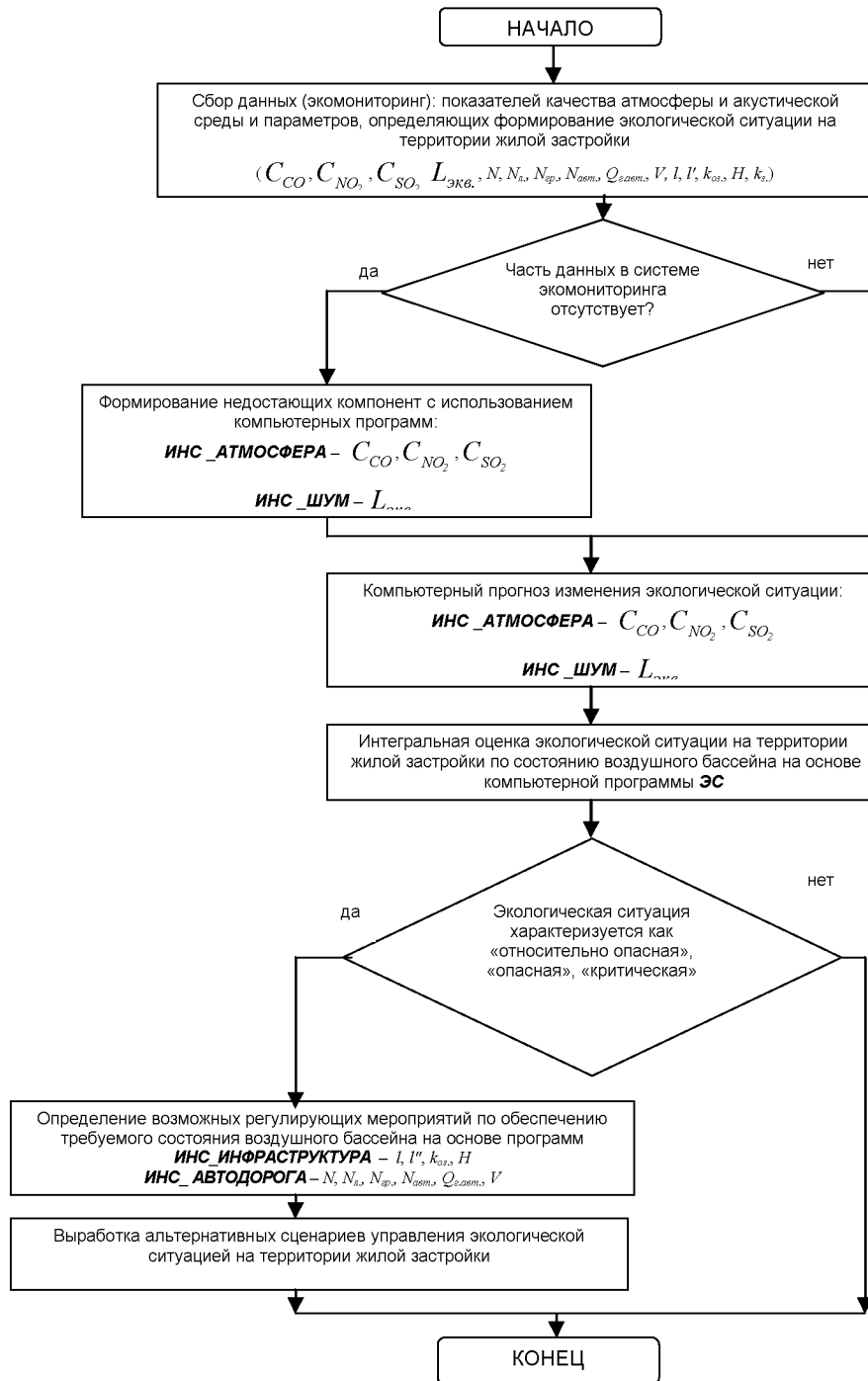


Рисунок 2 – Алгоритм интегральной оценки и прогнозирования экологической ситуации на территории жилой застройки с выработкой возможных регулирующих мероприятий (на основе программного комплекса)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иващук О.Д. Моделирование экологической ситуации в автоматизированной системе управления экологической безопасностью // Информационные системы и технологии, 2011. – № 4(66) июль-август. – С. 57-62.
2. Иващук О.Д. Управление экологической ситуацией на территории жилой застройки на основе моделирования // Строительство и реконструкция, 2011. – № 3(35) май-июнь. – С. 30-39.

Иващук Орест Дмитриевич

ФГБОУ ВПО «Государственный университет – УНПК», г. Орел

Аспирант кафедры «Информационные системы»

E-mail: ivascuk@orel.ru

O.D. IVASHCHUK (*Post-graduate student of the department «Information systems»
State University – ESPC, Orel*)

INTELLECTUALIZATION OF THE AUTOMATED CONTROL SYSTEMS BY ECOLOGICAL SAFETY ON THE TERRITORIES OF THE HOUSING ESTATE

Ways of intellectualization of the automated control systems by ecological safety on the territories of the housing estate on the basis of realization of the experiments in computer in the system are offered. That is computer estimation and prediction of an ecological situation and computer definition of possible controlling decisions.

Keywords: *models of an ecological situation; the automated control system; intellectualization decision-making.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Ivashhuk O.D. Modelirovanie e'kologicheskoy situacii v avtomatizirovannoj sisteme upravleniya e'kologicheskoy bezopasnost'yu // Informacionny'e sistemy' i texnologii, 2011. – № 4(66) iyul'-avgust. – S. 57-62.
2. Ivashhuk O.D. Upravlenie e'kologicheskoy situaciej na territorii zholoj zastrojki na osnovemodelirovaniya // Stroitel'stvo i rekonstrukciya, 2011. – № 3(35) maj-iyun'. – S. 30-39.

УДК 519.873

А.А. МУСАЕВ, М.С. СКВОРЦОВ

КОНТРОЛЬ И ОПТИМИЗАЦИЯ НАДЕЖНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

В статье рассматриваются способы контроля надежности технических систем на стадии проектирования. Предложен метод оптимизации надежности технических систем на стадии проектирования, в основе которого лежит логико-вероятностный метод анализа надежности и градиентный метод наискорейшего спуска. Рассмотрена задача оптимизации, проведено сравнение с результатами, полученными другими авторами.

Ключевые слова: оптимизация надежности; логико-вероятностный метод; контроль надежности; техническая система.

ВВЕДЕНИЕ

Контроль параметров надежности технических систем на стадии проектирования осуществляется при помощи проектного расчета надежности с последующим сравнением полученных результатов с нормативными или заданными показателями надежности. В качестве показателей надежности технических систем используются:

- вероятность безотказной работы элементов и проектируемой невосстанавливаемой системы в целом за заданную наработку;
- коэффициент готовности элементов и проектируемой восстанавливаемой системы в целом;
- коэффициент оперативной готовности системы.

Для многофункциональных технических систем (например, АСУТП) в соответствии с ГОСТ 24.701-86 [2], проектный расчет надежности выполняется по каждой функции отдельно. Данный подход приводит к разделению технической системы на функциональные подсистемы. Требуемые (нормативные) численные значения показателей надежности функциональных подсистем проектируемой системы определяются техническим заданием на ее разработку или соответствующими руководящими документами. Например, в ООО «КИНЕФ» разработаны «Типовые технические требования на проектирование систем контроля и управление технологическими процессами», где в разделе «Требования к надежности» указаны нормативные показатели к функциональным подсистемам АСУТП, приведенные в таблице 1.

МЕТОДЫ РАСЧЕТА НАДЕЖНОСТИ

В настоящее время одними из наиболее распространенных методов расчета показателей надежности являются логико-вероятностные методы. Логико-вероятностными методами системного анализа называются методы, в которых аппарат математической логики используется для первичной структурной постановки задачи и построения детерминированных моделей, исследуемых систем в виде булевых функций, а методы теории вероятностей применяются для количественной оценки различных свойств этих систем на основе заданных вероятностных и других параметров их элементов [3, 4, 7].

Таблица 1 – Нормативные значения показателей надежности АСУТП

Тип функции	Название основного показателя надежности	Нормативное значение
1	2	3

Продолжение таблицы 1.

Функции контроля и информационные функции	Коэффициент готовности (время восстановления $T_{vi} \leq 4$ час)	≥ 0.999
Функции регулирования и автоматического управления	Вероятность безотказной работы (в течение года)	≥ 0.92
Функции систем безопасности и противоаварийной защиты (СБ и ПАЗ)	Коэффициент оперативной готовности: для блоков I и II категории для блоков III категории	≥ 0.9999 ≥ 0.999

Логико-вероятностные методы (ЛВМ) [6, 7] обладают следующими положительными свойствами:

- при постановке задач позволяют использовать все известные виды структурных схем свойств надежности систем (параллельно-последовательные соединения, графы связности с циклами, деревья отказов, деревья событий и др.);
- позволяют точно оценивать роль отдельных элементов в обеспечении надежности системы в целом, что позволяет ставить, разрабатывать и решать оптимизационные задачи их анализа;
- логико-вероятностные методы являются аналитически строгими, что обеспечивает их корректное согласование с другими известными методами структурного анализа (аналитическими, статистическими, Марковскими и сетевыми).

Моделями элементов во всех видах и классах ЛВМ обычно выступают независимые бинарные случайные события, представляемые простыми логическими переменными (x_i, x''_i) и характеризующиеся известными собственными вероятностями их реализации ($p_i(t), q_i(t) = 1 - p_i(t)$) на рассматриваемом интервале или в данный момент времени t функционирования системы.

В настоящее время наиболее развитым и полностью автоматизированным является общий логико-вероятностный метод (ОЛВМ) системного анализа [7]. В ОЛВМ на всех этапах моделирования используется функционально полный базис логических операций «И», «ИЛИ» и «НЕ» (конъюнкция, дизъюнкция и инверсия), что обеспечивает возможность реализации всех возможностей основного аппарата моделирования – алгебры логики. Постановка задач в ОЛВМ осуществляется с помощью специального нового графического аппарата структурных схем исследуемых свойств систем, названного схемой функциональной целостности (СФЦ) [1, 5, 6].

Важный самостоятельный раздел ОЛВМ посвящен разработке методов количественной оценки роли элементов (значимостей, положительных и отрицательных вкладов) в обеспечении (увеличении или уменьшении) надежности исследуемой системы в целом [3, 5, 6, 7]. На основе этих показателей могут разрабатываться различные методы и строиться алгоритмы параметрической оптимизации и структурного синтеза сложных систем.

Требование к вычислительному конструктивизму и доступности процедуры расчета надежности, в сочетании с возможностью учесть особенности современных технических систем, полная автоматизация процессов математического моделирования убедительно обосновывают целесообразность выбора общего логико-вероятностного метода в качестве основного средства расчета показателей надежности, значимостей и вкладов элементов для контроля показателей надежности и разработки методов параметрической и структурной оптимизации надежности проектируемых технических систем.

ЗАДАЧА ОПТИМИЗАЦИИ НАДЕЖНОСТИ

Формализованная математическая постановка задачи оптимизации надежности, если предположить, что оптимизируется надежность системы, а ограничение задано в виде максимально допустимого значения на ее стоимость, может быть записана следующим образом:

$$X^* = \mathop{\text{Arg max}}_{X \in D'} R_s$$

$$D' = \left\{ D/C_s(X) \leq C_0 \right\}.$$

Целевая функция R_s характеризуется тем, что:

1) функция вероятности безотказной работы системы R_s является нелинейной функцией вероятности безотказной работы элементов, ее образующих.

2) функция вероятности безотказной работы системы R_s ограничена $\inf R_s = 0$, $\sup R_s = 1$.

3) функция вероятности безотказной работы системы R_s является строго монотонно возрастающей, так как для технических систем увеличение надежности любого элемента приводит к увеличению надежности системы в целом и кроме этого частные производные положительны на всей области определения функции $0 < \frac{\partial R_s}{\partial p_i} \leq 1$.

4) частные производные являются константами относительно переменной, по которой они берутся – $\frac{\partial R_s}{\partial p_i} = \text{const}(p_i)$. Поэтому изменение надежности системы ΔR_s при изменении надежности элемента Δp_i линейно зависит от величины этого изменения.

Таким образом, функция R_s для расчета вероятности безотказной работы для технических систем является строго монотонно возрастающей и ограниченной на всей области определения. Поэтому при решении такой задачи условной оптимизации для непрерывного случая оптимальное решение всегда будет достигаться на границе допустимого множества. Для дискретного случая решение задачи оптимизации также будет находиться на границе допустимого множества либо вблизи нее.

Ниже приводится пошаговый алгоритм оптимизации надежности [8] в случае оптимизации показателя надежности системы и ограничения, заданного в виде максимально допустимого значения ее стоимости.

Шаг 1. Вычисляются границы возможного изменения стоимости системы путем расчета стоимости системы, состоящей из самых дешевых элементов $C_{\min} = C(X_{\min}) = C(X_1^1, \dots, X_n^1)$, и системы, состоящей из самых дорогих элементов $C_{\max} = C(X_{\max}) = C(X_1^{z_1}, \dots, X_n^{z_n})$, где нижний индекс обозначает номер компонента (подсистемы), верхний индекс обозначает номер варианта элемента использованного в качестве компонента (подсистемы), z_i – количество вариантов для компонента (подсистемы) i .

Если $C_{\min} < C_0 < C_{\max}$, то решение существует, и в качестве текущего решения выбираем самый ненадежный вариант $X_{\min} = (x_1^1, \dots, x_n^1)$.

Шаг 2. Вычисляем частные производные по всем n переменным входящим в вероятностную функцию.

Шаг 3. Для каждого элемента, для каждого более надежного варианта, чем текущий (номер варианта элемента должен быть больше, чем текущий номер используемого

элемента) вычисляется показатель $\alpha_j^i = \frac{\Delta c_j^i}{\Delta p_j^i}$. Для каждого элемента находим минимальное значение:

$$\alpha_j^{\min} = \min_i \frac{\Delta c_j^i}{\Delta p_j^i}.$$

Шаг 4. Находим элемент системы и вариант, для которого минимально следующее выражение:

$$\min_{i,j} \left(\frac{\Delta C_s}{\Delta P_s} \right) = \min_{i,j} \left(\frac{\Delta c_j^i}{\Delta p_j^i \xi_j} \right) = \min_j \frac{\alpha_j^{\min}}{\partial R_s / \partial p_j},$$

где j – номер элемента, i – номер варианта элемента.

Таким образом, определяется элемент, для которого будет произведена замена на данном шаге, и вариант элемента, на который будет произведена замена. Проводится замена элемента и уточняется решение.

Шаг 5. Уменьшаем стоимость системы на величину стоимости замены элемента, найденного на предыдущем шаге (шаге 4 или 6). Если стоимость системы равна или превышает количество доступных средств $C_s \geq C_0$, то переходим на шаг 3, иначе переходим на шаг 6.

Шаг 6. Находится элемент системы и вариант элемента, для которого минимально следующее выражение:

$$\min_{i,j} \left(\frac{(1 - p_j^i) \xi_j}{\Delta c_j^i} \right) = \min_j \frac{(1 - p_j^i) \partial R_s / \partial p_j}{\Delta c_j^i}.$$

Таким образом, определяется элемент системы, для которого будет произведена замена на данном шаге, и вариант элемента, на который будет произведена замена. Проводится замена элемента и уточняется решение, увеличивается стоимость системы на величину стоимости замены элемента. Если решение, полученное на данном шаге, лучше ранее запомненного решения x^* , то сохраняется текущее решение в качестве x^* , если хуже – не сохраняем и переходим на шаг 5. Если решение, полученное на данном шаге, совпало с ранее запомненным решением x^* , то уменьшается стоимость доступных средств на величину стоимости замены на найденный элемент и происходит переход на шаг 7.

Шаг 7. Если существуют более надежные элементы, после замены на которые стоимость системы не превышает количества доступных средств $C_s \geq C_0$, то находится элемент i для которого $\max_{i,j} \Delta P_s = \max_{i,j} (\Delta p_j^i \xi_j)$. Проводится замена элемента и уточняется решение, уменьшается стоимость доступных средств на величину стоимости замены на найденный элемент; остаемся на шаге 7. Если не существует более надежных элементов, после замены на которые стоимость системы не превышает или равна количеству доступных средств $C_s \geq C_0$, то текущее решение является искомым решением оптимизационной задачи.

После окончания работы алгоритма будет определен элементный состав системы, максимизирующий количественную характеристику надежности системы при заданных ресурсных ограничениях.

Метод представляет собой модификацию метода градиентного спуска с переменным шагом. На каждом шаге алгоритма одновременно с вычислением частных производных происходит определение величины шага на дискретном множестве допустимых значений аргументов функции. Для улучшения качества найденного решения в методе

предусматривается выход за границу области допустимых решений в процессе поиска. Условием останова алгоритма является повторное посещение одной и той же точки в области допустимых решений. Применение метода градиентного спуска позволяет резко снизить вычислительную сложность алгоритма на основе данного метода по сравнению с методами ветвей и границ и динамического программирования.

Допущениями и ограничениями метода являются следующие предположения:

- отказы элементов системы являются независимыми в совокупности;
- случайные величины времени безотказной работы и восстановления элементов системы распределены по экспоненциальному закону;
- метод оптимизации применим только для монотонных (когерентных) систем.

ПРИМЕРЫ

Ниже приведены результаты решения модифицированной задачи из работы [10], которая заключается в нахождении такого варианта элементного состава и кратности резервирования для каждой из 14 подсистем, в котором надежность системы была бы максимальна при соблюдении ограничений на суммарную стоимость и вес системы.

$$\max R_s = \prod_{i=1}^{14} r_i(X_i)$$

$$\sum_{i=1}^{14} c_i(X_i) \leq C_0 = 130 \quad \sum_{i=1}^{14} w_i(X_i) \leq W_0 = 170,$$

где $X_i = (x_{i,1}, x_{i,2}, \dots, x_{i,m_i})$, $i = 1, \dots, n$ – количество подсистем (элементов); m_i – количество компонентов типа, которые могут быть использованы в подсистеме i ; $r_{i,j}$ – надежность компонента типа j для подсистемы i ; $c_{i,j}$ – стоимость компонента типа j для подсистемы i ; $x_{i,j}$ – количество компонентов типа j размещенных в подсистеме i ; $n_i = \sum_j x_{i,j} \leq 4$ – общее количество компонентов, размещенных в подсистеме i ; $r_i(X_i)$ – надежность подсистемы i ; R_s – надежность системы, C_s – стоимость системы.

Таблица 2 – Исходные данные: стоимость, вес и надежность элементов

	C1	W1	P1	C2	W2	P2	C3	W3	P3	C4	W4	P4
1	1	3	0.9	1	4	0.93	2	2	0.91	2	5	0.95
2	2	8	0.95	1	10	0.94	1	9	0.93	-	-	-
3	2	7	0.85	3	5	0.9	1	6	0.87	4	4	0.92
4	3	5	0.83	4	6	0.87	5	4	0.85	-	-	-
5	2	4	0.94	2	3	0.93	3	5	0.95	-	-	-
6	3	5	0.99	3	4	0.98	2	5	0.97	2	4	0.96
7	4	7	0.91	4	8	0.92	5	9	0.94	-	-	-
8	3	4	0.81	5	7	0.9	6	6	0.91	-	-	-
9	2	8	0.97	3	9	0.99	4	7	0.96	3	8	0.91
10	4	6	0.83	4	5	0.85	5	6	0.9	-	-	-
11	3	5	0.94	4	6	0.95	5	6	0.96	-	-	-
12	2	4	0.79	3	5	0.82	4	6	0.85	5	7	0.9
13	2	5	0.98	3	5	0.99	2	6	0.97	-	-	-
14	4	6	0.9	4	7	0.92	5	6	0.95	6	9	0.99

Таблица 3. Сравнение результатов, полученных с помощью предложенной методики, с результатами из работы [9]

W	C	Coit [9]	ЛВМ ОН	MPI (%)	Состав
159	110	0.95432	0.95432	0.00	333, 11, 44, 333, 222, 22, 11, 311, 2, 222, 11, 1111, 22, 33
160	112	0.95567	0.95560	-0.16	333, 11, 444, 333, 22, 22, 11, 311, 2, 222, 11, 1111, 22, 33
161	113	0.95803	0.95803	0.00	333, 11, 44, 333, 22, 22, 11, 311, 33, 222, 11, 1111, 22, 33
162	115	0.95912	0.95919	0.17	333, 11, 44, 333, 22, 22, 11, 311, 33, 222, 31, 1111, 22, 33
163	114	0.96064	0.96064	0.00	333, 11, 44, 333, 22, 22, 31, 311, 33, 222, 11, 1111, 22, 33
164	115	0.96242	0.96242	0.00	333, 11, 44, 333, 222, 22, 11, 311, 33, 222, 11, 1111, 22, 33
165	117	0.96371	0.96358	-0.36	333, 11, 44, 333, 222, 22, 11, 311, 33, 222, 31, 1111, 22, 33
166	116	0.96504	0.96504	0.00	333, 11, 44, 333, 222, 22, 31, 311, 33, 222, 11, 1111, 22, 33
167	118	0.96634	0.96620	-0.42	333, 11, 44, 333, 222, 22, 31, 311, 33, 222, 31, 1111, 22, 33
168	119	0.96813	0.96813	0.00	333, 11, 444, 333, 222, 22, 11, 311, 33, 222, 11, 1111, 22, 33
169	121	0.96922	0.96929	0.23	333, 11, 444, 333, 222, 22, 11, 311, 33, 222, 31, 1111, 22, 33
170	120	0.97076	0.97076	0.00	333, 11, 444, 333, 222, 22, 31, 311, 33, 222, 11, 1111, 22, 33
171	122	0.97186	0.97193	0.25	333, 11, 444, 333, 222, 22, 31, 311, 33, 222, 31, 1111, 22, 33
172	123	0.97266	0.97303	1.35	333, 11, 444, 333, 222, 22, 31, 311, 33, 322, 31, 1111, 22, 33
173	125	0.97362	0.97381	0.72	333, 11, 444, 333, 222, 22, 31, 311, 33, 322, 33, 1111, 22, 33
174	123	0.97435	0.97493	2.26	333, 11, 444, 333, 222, 22, 31, 1111, 33, 322, 31, 1111, 22, 33
175	125	0.97552	0.97571	0.78	333, 11, 444, 333, 222, 22, 31, 1111, 33, 322, 33, 1111, 22, 33
176	124	0.97642	0.97669	1.15	333, 11, 444, 333, 222, 22, 33, 1111, 33, 322, 31, 1111, 22, 33
177	126	0.97715	0.97747	1.40	333, 11, 444, 333, 222, 22, 33, 1111, 33, 322, 33, 1111, 22, 33
178	127	0.97810	0.97821	0.50	333, 11, 444, 333, 222, 22, 33, 1111, 33, 332, 33, 1111, 22, 33
179	126	0.97906	0.97950	2.10	333, 11, 444, 333, 222, 22, 111, 1111, 33, 322, 31, 1111, 22, 33
180	128	0.97942	0.98029	4.23	333, 11, 444, 333, 222, 22, 111, 1111, 33, 322, 33, 1111, 22, 33
181	129	0.98006	0.98103	4.86	333, 11, 444, 333, 222, 22, 111, 1111, 33, 332, 33, 1111, 22, 33
182	130	0.98102	0.98152	2.63	333, 11, 444, 333, 222, 22, 111, 1111, 33, 333, 33, 1111, 22, 33
183	130	0.98190	0.98193	0.17	333, 11, 444, 3333, 222, 22, 111, 1111, 33, 322, 31, 1111, 22, 33

Задача содержит 33 подзадачи, C1=C2=...C33=130; W1=159, W2 =160, ...W33=191. Первые двадцать пять задач имеют лишь одно активное ограничение, а именно, ограничение на суммарный вес системы. В таблице 3 приведены результаты решения данного примера с помощью предложенной методики, сопоставленные с результатами из работы [9].

Сравнение результатов с результатами, полученными ранее в работе [9], показывает совпадение решений, а для некоторых исходных данных были получены результаты с более высокими значениями вероятности безотказной работы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Важной практической задачей является контроль и оптимизация параметров надежности технических систем на стадии проектирования. Для контроля надежности технических систем на стадии проектирования предлагается использовать общий логико-вероятностный метод анализа и расчета надежности. В работе предложен новый алгоритм решения задачи оптимизации надежности, основанный на методе наискорейшего градиентного спуска. Рассмотрен пример задачи оптимизации надежности, проведено сравнение с результатами, полученными в других работах. Показано, что для многих исходных данных решения, полученные предложенным алгоритмом, имеют большую вероятность безотказной работы.



Рисунок 1 – Результаты решения задачи оптимизации надежности при различных ограничениях на вес

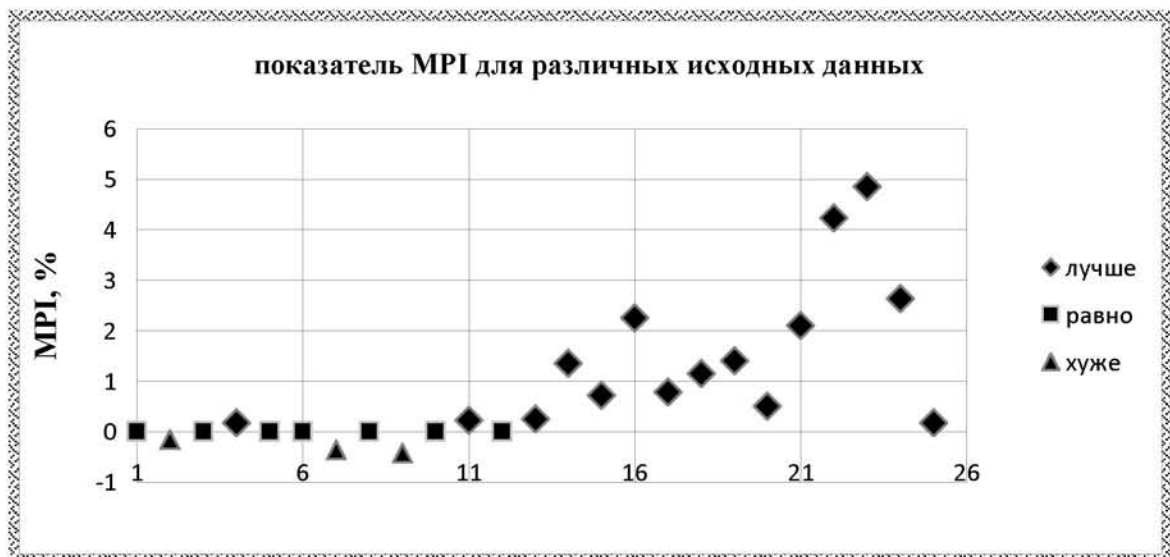


Рисунок 2 – Сравнение решений, полученных предложенной методикой, с результатами из работы [9] (показатель MPI)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гладкова И.А. Детерминированные разделы общего логико-вероятностного метода // Труды второй международной научной школы «Моделирование и анализ безопасности и риска в сложных системах». МА БР-2010. – СПб: Бизнес-Пресс, 2010. – С. 453-460.
2. ГОСТ 24.701-86. Надежность автоматизированных систем управления. – 11 с.
3. Можаяев А.С. Автоматизация моделирования систем ВМФ: учебник для слушателей ВМА. Часть 2. Автоматизированное структурно-логическое моделирование систем. – СПб: ВМА, 2006. – 577 с.
4. Можаяев А.С. Общий логико-вероятностный метод анализа надежности сложных систем: учебное пособие. – Л.: ВМА, 1988. – 68 с.
5. Можаяев А.С. Технология автоматизации процессов построения логико-вероятностных моделей систем // Труды Международной научной конференции «Интеллектуальные системы и информационные технологии в управлении». ИСИТУ-2000, IS@ИТС. – Псков: ППИ, 2000. – С. 257-262.
6. Можаяев А.С., Громов В.Н. Теоретические основы общего логико-вероятностного метода автоматизированного моделирования систем. – СПб: ВИТУ, 2000. – 145 с.

7. Рябинин И.А. Надежность и безопасность структурно-сложных систем. – СПб: СПбГУ, 2007. – 276 с.
8. Скворцов М.С. Решение задачи оптимизации надежности с помощью метода логико-вероятностных вкладов // Надежность, 2009. – № 2. – С. 15-29.
9. Coit D.W., Smith A. Penalty guided genetic search for reliability design optimization // Computers and Industrial engineering. – Vol. 30. – № 4. – P. 895-904. September 1996.
10. Fyffe D.E., Hines W.W., Lee N.K. System reliability allocation and computational algorithm // IEEE Trans. Reliability. – V. R-17. – № 2. – P. 64-69. June 1968.

Мусаев Александр Азерович

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет),
г. Санкт-Петербург

Доктор технических наук, профессор; декан факультета информационных технологий и управления
Ведущий научный сотрудник Санкт-Петербургского института информатики
и автоматизации РАН (СПИИРАН)

Научный консультант ОАО

Специализированная инжиниринговая компания «Севзапмонтажавтоматика»

Тел.: 8 (812) 316-30-27

E-mail: amusaev@szma.com

Скворцов Михаил Сергеевич

ОАО Специализированная инжиниринговая компания «Севзапмонтажавтоматика»

Ведущий инженер-программист

Тел.: 8 (812) 351-66-72, 8 921 307 28 81

E-mail: mikhail_skvortsov@szma.com

A.A. MUSAEV (*Doctor of Engineering Sciences, Professor; Dean of IT and Control Faculty, St.Petersburg State Technological Institute (Technical University); Leading Research Fellow of St.Petersburg Institute for Informatics and Automation of RAS (SPIIRAS), Scientific Consultant in JSC Specialized Engineering Company «Sevzapmontageautomatica» (SPIK SZMA)*)

St.Petersburg State Technological Institute (Technical University)

M.S. SKVORTSOV (*Leading Programming Engineer, JSC Specialized Engineering Company «Sevzapmontageautomatica» (SPIK SZMA)*)

TECHNICAL SYSTEM RELIABILITY CONTROL AND OPTIMIZATION AT DESIGN STAGE

The article is devoted to methods of technical system reliability control at the project design stage. A method of technical system reliability optimization at the project design stage is proposed, which is based on the logic-probabilistic method of reliability analysis and the method of steepest descend an optimization problem is considered and its solution is compared with the results received by other authors.

Keywords: *reliability optimization; logic-probabilistic method; reliability control; technical system.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Gladkova I.A. Determinirovanny'e razdely' obshhego logiko-veroyatnostnogo metoda // Trudy' vtoroj mezhdunarodnoj nauchnoj shkoly' «Modelirovanie i analiz bezopasnosti i riska v slozhny'x sistemax». MA BR-2010. – SPb: Biznes-Press, 2010. – S. 453-460.
2. GOST 24.701-86. Nadyozhnost' avtomatizirovanny'x sistem upravleniya. – 11 s.
3. Mozhaev A.S. Avtomatizaciya modelirovaniya sistem VMF: uchebnik dlya slushatelej VMA. Chast' 2. Avtomatizirovannoe strukturno-logicheskoe modelirovanie sistem. – SPb: VMA, 2006. – 577 s.
4. Mozhaev A.S. Obshhij logiko-veroyatnostny'j metod analiza nadyozhnosti slozhny'x sistem: uchebnoe posobie. – L.: VMA, 1988. – 68 s.
5. Mozhaev A.S. Teknologiya avtomatizacii processov postroeniya logiko-veroyatnostny'x modelej sistem // Trudy' mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii «Intellectual'ny'e sistemy' i informacionny'e tekhnologii v upravlenii». ISITU-2000, IS@ITS. – Pskov: PPI, 2000. – S. 257-262.
6. Mozhaev A.S., Gromov V.N. Teoreticheskie osnovy' obshhego logiko-veroyatnostnogo metoda avtomatizirovannogo modelirovaniya sistem. – SPb: BITU, 2000. – 145 s.
7. Ryabinin I.A. Nadyozhnost' i bezopasnost' strukturno-slozhny'x sistem. – SPb: SPbGU, 2007. – 276 s.
8. Skvortcov M.S. Reshenie zadachi optimizacii nadyozhnosti s pomosh'yu metoda logiko-veroyatnostny'x vkladov // Nadyozhnost', 2009. – № 2. – S. 15-29.
9. Coit D.W., Smith A. Penalty guided genetic search for reliability design optimization // Computers and Industrial engineering. –Vol. 30. – № 4. – P. 895-904. September 1996.
10. Fyffe D.E., Hines W.W., Lee N.K. System reliability allocation and computational algorithm // IEEE Trans. Reliability. – V. R-17. – № 2. – P. 64-69. June 1968.

УДК 004.41

Д.А. ПОТАПОВ, А.Д. МОДЯЕВ, А.М. РУДАКОВ

**КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ
СВОЙСТВ РАСТВОРОВ ЭЛЕКТРОЛИТОВ**

При реализации ряда технологий редких и радиоактивных элементов (экстракция, ионный обмен, подземное выщелачивание) одним из основных факторов управления извлечением и разделением элементов является изменение состава водных растворов. Для оптимизации управляющего воздействия необходимы сведения о термодинамических свойствах бинарных и многокомпонентных растворов электролитов (активности компонентов, плотности растворов и др.). В данной работе представлено описание разрабатываемой компьютерной системы для оперативного нахождения этих свойств и с ее помощью проверена адекватность кластерной модели растворов.

Ключевые слова: моделирование свойств растворов; проверка адекватности модели; кластерная модель; идентификация параметров модели; математическая модель.

ВВЕДЕНИЕ

Основными термодинамическими характеристиками растворов электролитов являются осмотические коэффициенты (ϕ) и средние ионные коэффициенты активности (γ_{\pm}). В настоящее время известно большое количество моделей, уравнения которых позволяют моделировать термодинамические свойства растворов. К ним относятся модель Бьерума, Скетчарда, Питцера, Робинсона-Стокса, NRTL и NRTL-NRF, Вильсона, UNIQUAQ и UNIFAC и другие. Уравнения этих моделей содержат большое число эмпирических параметров, физический смысл которых не определен. Это создает существенные трудности для получения их оценок и, как следствие, проверки согласованности найденных решений с данными, получаемыми другими методами исследования. В некоторых случаях при физической определенности параметров авторы моделей не обращают внимания на то, что найденные параметры значительно выходят за теоретически обоснованный диапазон их значений [1]. В данной работе представлено описание разрабатываемой компьютерной системы для определения свойств растворов электролитов и с ее помощью проверена адекватность кластерной модели растворов, все параметры которой обладают четким физическим смыслом.

Сформулированы следующие задачи, которые должна решать разрабатываемая компьютерная система:

- 1) хранение, наполнение и доступ к экспериментальным данным, содержащим в табличном виде зависимости физико-химических свойств (давление насыщенного пара P , активность растворителя a , осмотический коэффициент раствора ϕ , коэффициент активности γ_{\pm} , плотность раствора ρ , избыточный объем V , энергия Гиббса G , избыточная энтальпия H) при различных концентрациях раствора (моляльной m , молярной c , мольнодольной x , весовой процентной w) и фиксированных условиях эксперимента (давление P , температура T);
- 2) доступ к результатам моделирования, к оценкам параметров моделей и качества описания экспериментальных данных;
- 3) доступ к моделям термодинамических свойств, содержащим уравнения модели и программу обработки экспериментальных данных;
- 4) моделирование термодинамических свойств растворов электролитов;
- 5) сохранение результатов моделирования и оценок параметров моделей и качества описания экспериментальных данных с указанием, в рамках какой модели они получены;
- 6) построение графических зависимостей различных корреляций;
- 7) расчет физико-химических свойств растворов при концентрациях, для которых отсутствуют экспериментальные данные.

ОБЗОР ИМЕЮЩИХСЯ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ

В настоящее время существует ряд компьютерных программ, непосредственно предназначенных для расчета термодинамических свойств растворов. Большинство из них являются приложениями к книгам Introductory Chemical Engineering Thermodynamics Эллиотта и Лира, Chemical and Engineering Thermodynamics Сандлера, Chemical and Process Thermodynamics Кайла и ThermosolverEngineering and Chemical Thermodynamics Мило Коретского.

В программе Кайла отсутствует интегрированная база данных. Визуализация данных из вышеперечисленных пакетов реализована лишь в Thermosolver. Основным недостатком всех рассмотренных компьютерных систем является ограниченное число математических моделей, а также отсутствие возможности добавления новых моделей. Это не позволяет использовать данные программные средства при построении новых моделей и проверки их адекватности, а также для расчета свойств растворов по отличным от встроенных моделям. В таблице 1 приведена сравнительная характеристика перечисленных программных средств.

Таблица 1 – Характеристики программ для моделирования свойств растворов

Программа	База данных	Визуализация результатов	Максимальное число моделей	Возможность добавления новых моделей
ThermoSolver	есть	есть	5	нет
Эллиотт и Лира	есть	нет	5	нет
Сандлер	есть	нет	1	нет
Кайл	нет	нет	4	нет

Помимо программ, ориентированных на химические задачи, существуют приложения, осуществляющие подбор моделей к экспериментальным данным и нахождение оптимальных параметров. Примером такой программы является TableCurve, существующая в версиях 2D и 3D для построения функций одной и двух переменных. В программу встроено около 8 тысяч функций различного вида для описания вводимых экспериментальных данных. В результате работы программы выводится список функций и их коэффициентов, которые наиболее адекватно описывают эксперимент. Существует возможность добавления пользовательских функций.

Недостатком этой программы является то, что при исследовании соответствующих моделей она никак не учитывает физику рассматриваемого процесса. В результате установленная математически адекватная модель часто является физически неадекватной. В некоторых случаях проверка конкретных моделей возможна лишь с использованием внешних функций, поскольку в уравнениях проверяемых моделей могут фигурировать операции, не реализованные в TableCurve, например, двойные суммы. При этом даже при использовании внешних функций возникают трудности при сохранении результатов моделирования из-за отсутствия базы данных. Обычно при проверке адекватности какой-либо новой модели необходимо произвести множество расчётов по данным большого количества экспериментов для различных растворов. Однако TableCurve не предоставляет возможности расчёта по сериям экспериментов и для получения результата необходимо производить расчёт для каждого эксперимента по отдельности. В этом случае для сложных моделей и большого количества анализируемых растворов расчёт может занимать значительное время (несколько часов). Пользователю данной программы необходимо постоянно следить за процессом, чтобы периодически выполнять рутинные операции, такие, как сохранение результатов и запуск расчёта по новым данным.

Наконец, существуют Интернет-сайты, связанные с базой данных, содержащей экспериментальные данные о термодинамических свойствах растворов. Примером такого сайта является <http://www.cheric.org>, где по введенным веществам можно найти

экспериментальные данные. В таких системах не предусмотрены моделирование и расчет свойств.

Таким образом, все перечисленные инструменты имеют определённые недостатки, поэтому в настоящее время ведется разработка собственной системы для моделирования термодинамических свойств растворов и проверка с её использованием адекватности кластерной модели.

ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ

Процесс моделирования с помощью системы производится следующим образом: вначале пользователем осуществляется ввод номера эксперимента, в базе данных ищется и извлекается соответствующая запись. После этого осуществляется выбор модели или нескольких моделей для расчёта из списка доступных. Кроме того, в системе предусмотрена возможность выбора алгоритма решения задачи минимизации функции невязки [5]. При этом доступны квази-ньютоновский метод, метод доверенных регионов [3],[4] и метод имитации отжига [2]. Предусмотрена возможность конструирования собственного алгоритма пользователем с применением встроенных функций в различной последовательности. Совместно с перечисленными методами можно использовать метод мультистарта из случайных или конкретных начальных точек. По умолчанию используется мультистарт метода доверенных регионов из десяти случайных начальных точек, после которого применяется квази-ньютоновский метод и метод имитации отжига. Далее пользователем вводятся ограничения на параметры и запускается расчёт. Результаты расчёта выводятся на экран, а также сохраняются в базе данных. Для найденных параметров строятся графические зависимости. Пользователь может добавлять или удалять из базы данных те или иные экспериментальные данные.

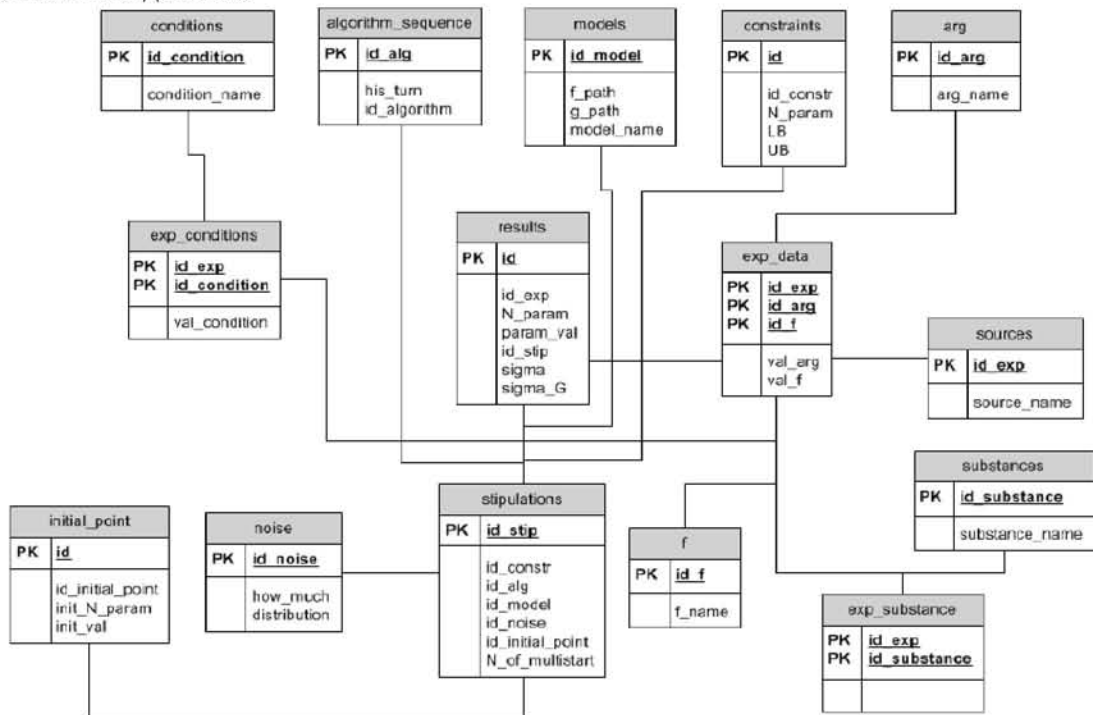


Рисунок 1 – Схема базы данных

На рисунке 1 приведена структура базы данных, здесь используется СУБД MySQL. База содержит 15 таблиц, экспериментальные данные хранятся в таблице exp_data, результаты моделирования – в таблице results. Эксперимент характеризуется, кроме числовых рядов, условиями проведения, растворённым веществом и растворителем, названием моделируемой характеристики и аргумента уравнения модели, источником данных. Результат расчёта соответствует определённому эксперименту и зависит от модели, по которой производился расчёт, от алгоритма оптимизации, выбора начальных точек,

предварительного зашумления данных и ограничений на параметры. Результаты расчёта перезаписываются только в случае полного совпадения всех условий, введённых пользователем, в противном случае для нового полученного результата создаётся новая запись. Таким образом, пользователь может настраивать процесс расчёта и выбирать оптимальный результат.

В системе предусмотрена возможность выбора не только конкретного метода оптимизации, но и любой их комбинации, что позволяет учитывать специфику различных моделей. Например, использование метода имитации отжига, стартующего из точки, найденной квази-ньютоновским методом, часто позволяет улучшить решение. Также в системе предусмотрена возможность включать и отключать мультистарт, задавать количество точек для мультистарта, а также ставить ограничения на параметры. По умолчанию используется мультистарт метода доверенных регионов из десяти случайных начальных точек, после которого применяется квази-ньютоновский метод.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ РАСТВОРОВ, ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ МОДЕЛЕЙ И СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ И ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ИССЛЕДУЕМЫХ ПРОЦЕССОВ

Математическое моделирование термодинамических свойств растворов проведено с использованием созданного математического, алгоритмического и программного обеспечения. В таблице 2 приведены значения среднего числа гидратации катиона, полученные в результате моделирования свойств водных растворов некоторых нитратов лантаноидов. В ней h_1 – среднее число гидратации катиона, m_{max} – максимальное значение моляльности раствора, для которого доступны экспериментальные данные, σ_ϕ – среднеквадратическое отклонение теоретических значений осмотического коэффициента от экспериментальных.

Таблица 2 – Средние числа гидратации катиона в растворах нитратов лантаноидов

κ	E	Gd	T	E	T	Y	Lu^{3+}
h	4.	6.5	5.	7.	4.	7.	7.88
m	6.	4.3	4.	7.	5.	7.	7.6
σ	0.	0.0	0.	0.	0.	0.	0.24

Видно, что некоторые значения h_1 выпадают из общей закономерности ($Eu(NO_3)_3$, $Tm(NO_3)_3$). Возможной причиной является то, что обычно для оценки параметров в литературе доступны данные, полученные аппроксимацией экспериментальных данных полиномами, коэффициенты которых не имеют физического смысла. После сглаживания при решении задачи идентификации параметров модели у целевой функции возникают новые локальные и глобальный экстремумы. Для нахождения физически интерпретируемого решения может быть использовано добавление к сглаженным экспериментальным данным случайного шума.

Таблица 3 – Влияние внесения случайного шума на результаты решения задачи идентификации параметров математической модели

Метод Вещество	Сглаженные данные	Сглаженные данные с добавлением шума	Несглаженные данные
$Eu(NO_3)_3$	$h_1=4.17;$ $\sigma=0.001$	$h_1=7.72;$ $\sigma=0.0085$	$h_1=7.60;$ $\sigma=0.0012$
$Tm(NO_3)_3$	$h_1=4.72;$ $\sigma=0.0022$	$h_1=7.05;$ $\sigma=0.0089$	$h_1=7.3616;$ $\sigma=0.0021$

В таблице 3 приведены результаты моделирования для водных растворов $\text{Eu}(\text{NO}_3)_3$, $\text{Tm}(\text{NO}_3)_3$ по сглаженным данным, с добавлением шума и несглаженным данным. Новые экспериментальные данные были получены путём добавления случайной величины из диапазона $[-1;1]\%$ от значения осмотического коэффициента к его значению:

$$\varphi' = \varphi + \varphi * (0.01 - 0.02 * \text{rand}(1)).$$

Видно, что результаты, полученные по сглаженным данным с добавлением шума, близки к результатам, полученным по несглаженным данным.

В системе предусмотрена возможность изменения добавляемой случайной величины.

Рассмотрим некоторые особенности применения разработанной системы при описании данных для растворов электролитов уравнениями кластерной модели, которые учитывают гидратацию катиона и аниона по отдельности или среднеионную гидратацию. Уравнения зависимостей φ и γ_{\pm} от моляльной концентрации электролита могут содержать четыре или шесть эмпирических параметров. Ниже приведены уравнения модели:

$$n_1 = 55.508$$

$$A_1 = 0.5115 * \ln(10)$$

$$A = A_1 z_1 z_2$$

$$q = q_1 + q_2$$

$$I(m) = m * \frac{q_1 * z_1^2 + q_2 * z_2^2}{2}$$

$$X(m) = \frac{qm}{qm + n_1}$$

$$fe_D(B, m) = \frac{-(A\sqrt{I(m)})(1 + B\sqrt{I(m)})}{(B\sqrt{I(m)})^3} - 2\ln(1 + B\sqrt{I(m)}) - \frac{1}{1 + B\sqrt{I(m)}}$$

$$fe_A(A_s, m) = \frac{-A_s * X(m)}{1 + A_s * X(m)(1 - X(m))}$$

$$fe_h(Q, h, r, m) = \frac{Q * h * X(m) * (1 - X(m))^{r-1}}{(1 - h * X(m)) * (1 - X(m))^r}$$

$$\varphi(m, h_1, r_1, h_2, r_2, A_s, B) = 1 + \frac{fe_h(q_1, h_1, r_1, m) + fe_h(q_2, h_2, r_2, m)}{q} + fe_A(A_s, m) + fe_D(B, m),$$

где z_1, z_2 – заряд катиона и аниона растворенного вещества, q_1, q_2 – количество катионов и анионов в молекуле, m – моляльность растворенного вещества, B – коэффициент Дебая, A_s – коэффициент, характеризующий степень ассоциации в растворе, φ – осмотический коэффициент, h_1, h_2 – средние степени гидратации катиона и аниона, r_1, r_2 – коэффициенты, характеризующие дисперсию распределения катионов и анионов в растворе по степеням гидратации.

В таблице 4 приведены результаты моделирования для водных растворов нитратов и перхлоратов лантаноидов. Идентификация параметров модели осуществлялась методом наименьших квадратов.

Таблица 4 – Результаты моделирования свойств водных растворов нитратов и перхлоратов лантаноидов

Растворенное вещество	m_{\max}	h_1	r_1	h_2	r_2	A_s	B	$\sigma_{\varphi} \times 10^2$
$\text{Gd}(\text{NO}_3)_3$	4.37	6.58	4.41	3.51	1.61	3.67	1.628	0.03

$\text{Er}(\text{NO}_3)_3$	7.27	7.35	4.8	3.23	1.46	1.9	1.735	0.13
$\text{Yb}(\text{NO}_3)_3$	7.91	7.78	4.56	3.24	1.51	1.64	1.702	0.17
$\text{Lu}(\text{NO}_3)_3$	7.6	7.88	4.47	3.27	1.52	1.58	1.683	0.24
$\text{Nd}(\text{ClO}_4)_3$	4.68	6.93	2.28	8.8	4.14	2.96	1.967	0.16
$\text{Sm}(\text{ClO}_4)_3$	4.66	6.81	2.23	8.65	4.06	2.15	1.881	0.08
$\text{Gd}(\text{ClO}_4)_3$	4.62	6.68	2.18	8.6	3.99	1.58	1.892	0.35
$\text{Tb}(\text{ClO}_4)_3$	4.62	6.72	2.2	8.6	3.98	1.24	1.872	0.29

На рисунке 2 приведены графические зависимости осмотического коэффициента от моляльности раствора для четырёх различных веществ.

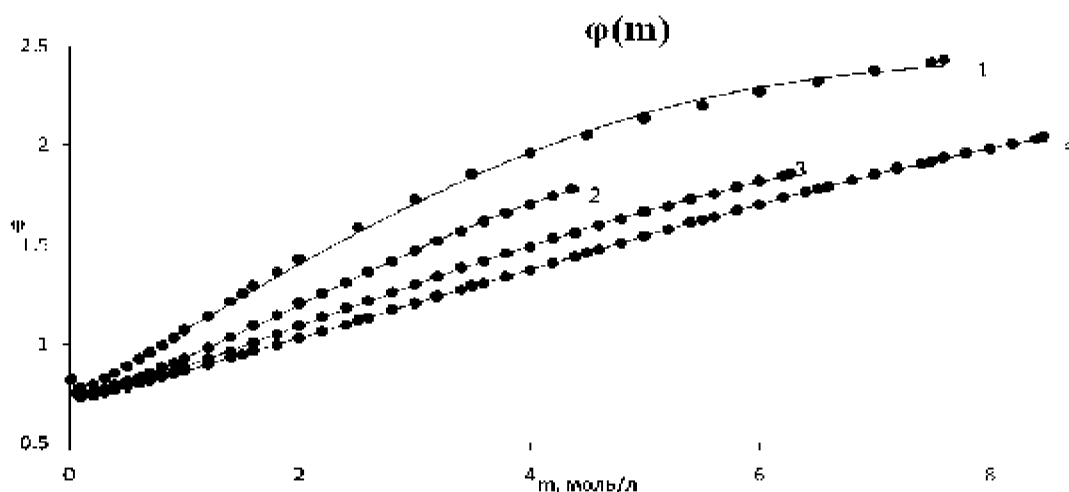


Рисунок 2 – Теоретические и экспериментальные зависимости осмотического коэффициента от моляльности водного раствора $\text{Lu}(\text{NO}_3)_3$ (1), $\text{Gd}(\text{NO}_3)_3$ (2), $\text{Nd}(\text{NO}_3)_3$ (3), $\text{La}(\text{NO}_3)_3$ (4)

Осмотический коэффициент φ связан с коэффициентом активности γ_{\pm} уравнением Гиббса -Дюгема. Обычно при публикации экспериментальных значений φ также приводят и рассчитанные по ним значения γ_{\pm} .

При моделировании термодинамических свойств некоторых систем наблюдается расхождение графиков теоретической и рассчитанной на основе экспериментальных данных зависимостей коэффициента активности электролита от моляльности раствора. При этом экспериментальная зависимость осмотического коэффициента описывается с помощью рассматриваемой модели с высокой точностью. Примером такой системы является водный раствор $\text{Nd}(\text{NO}_3)_3$. В таблице 5 приведены параметры рассматриваемой модели для данного раствора, а на рисунке 3 представлены графики теоретической и экспериментальной зависимостей осмотического коэффициента φ и коэффициента активности электролита γ_{\pm} от моляльности раствора m , а также относительные отклонения данных, полученных из эксперимента от теоретических значений.

Таблица 5 – Результаты моделирования для водного раствора $\text{Nd}(\text{NO}_3)_3$

Растворенное вещество	Число точек ν	h	r	A_s	B	$\sigma_{\varphi} \times 10^{-2}$	$\sigma_{\gamma} \times 10^{-2}$	m_{\max}
$\text{Nd}(\text{NO}_3)_3$	37	2.9	0.89	1.04	1.47	0.41	1.7503	6.2598

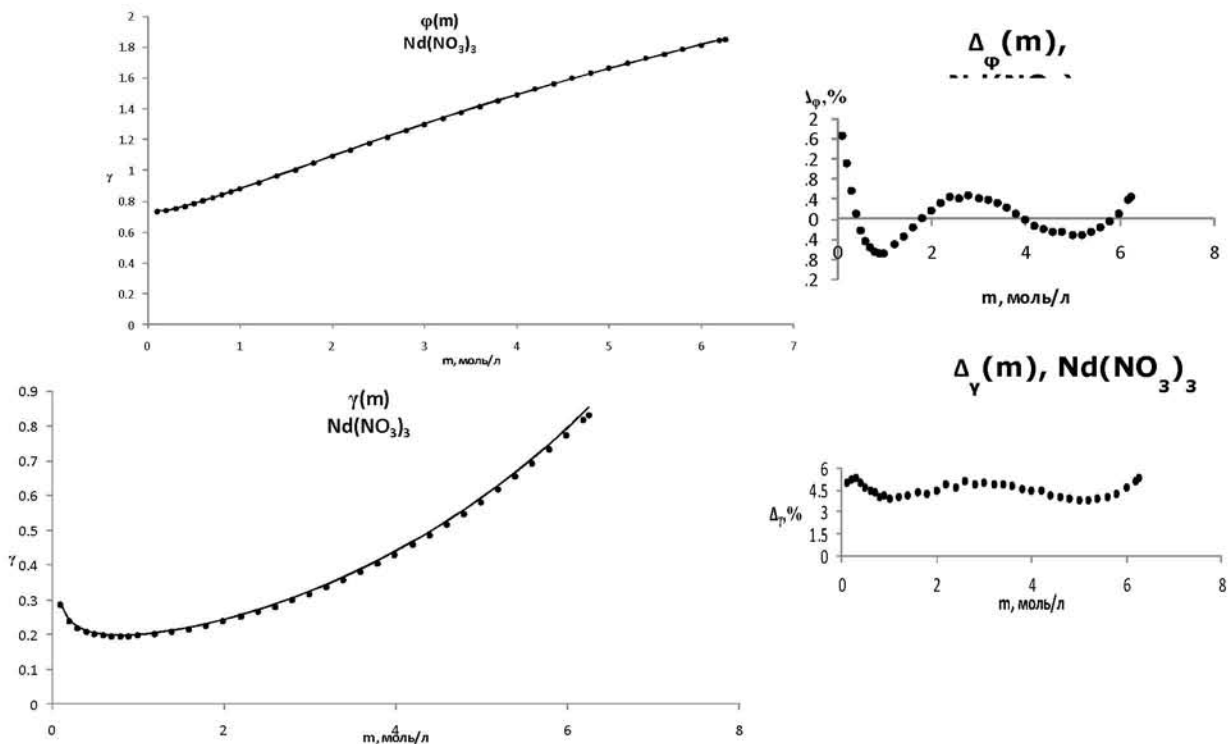


Рисунок 3 – Зависимости осмотического коэффициента ϕ и коэффициента активности электролита γ_{\pm} от молярности раствора m (слева) и относительные отклонения данных, полученных из эксперимента от теоретических значений для $\phi(m)$ и $\gamma_{\pm}(m)$ (справа)

Расхождение графиков $\gamma_{\pm}(m)$ может быть связано с погрешностью, возникающей при измерении $\phi(m)$. Точность измерения экспериментальных значений $\phi(m)$ составляет $\pm 2-5\%$, что приводит к неточности в идентификации параметров модели и, как следствие, расхождению экспериментальной и теоретической зависимости $\gamma_{\pm}(m)$. Проведен анализ влияния погрешностей измерения $\phi(m)$ на вид графика $\gamma_{\pm}(m)$.

Определим интервальные оценки параметров модели. Для этого зафиксируем все параметры, кроме первого, в найденных точках, а первый будем изменять последовательно на небольшую величину Δ . При проведении анализа Δ была равна 0.001, т.е. была заведомо меньше длины ожидаемого интервала для параметра. При этом на каждом шаге данной процедуры проверяется, лежат ли при измененных таким образом параметрах теоретические значения ϕ в пределах $\pm \delta$ от экспериментальных, где $\delta=2-5\%$. Требуется, чтобы данному критерию удовлетворяли 95% значений $\phi(m)$, рассчитанных при концентрациях, соответствующих экспериментальным данным. Последовательно вычитая Δ , пока выполняется описанное выше условие, получим нижнюю оценку параметра, последовательно прибавляя верхнюю. После расчета интервальной оценки параметра h аналогичная процедура выполняется для всех остальных параметров. В ходе данной работы был также рассмотрен водный раствор $\text{Er}(\text{NO}_3)_3$, для которого также наблюдается расхождение зависимостей $\gamma_{\pm}(m)$. В таблице 6 приведены найденные интервальные оценки параметров для рассматриваемых систем.

Таблица 6 – Интервальные оценки параметров

Растворенное вещество	Погрешность измерений δ	h	g	A_s	B
$\text{Nd}(\text{NO}_3)_3$	2%	[3.14; 3.25]	[0.56; 0.65]	[1.47; 2.24]	[1.45; 1.58]
	5%	[3.05; 3.34]	[0.48; 0.73]	[0.97; 3.05]	[1.34; 1.72]
$\text{Er}(\text{NO}_3)_3$	2%	[3.54; 3.67]	[0.77; 0.87]	[0; 0.17]	[1.56; 1.73]
	5%	[3.44; 3.79]	[0.70; 0.94]	[0; 0.58]	[1.44; 1.91]

Зафиксируем второй, третий и четвёртый параметры в найденных значениях, а первый будем изменять в пределах найденного для него интервала и строить график $\gamma_{\pm}(m)$ для каждого такого набора параметров. В результате получим некоторую область, назовем ее D_1 . Аналогично строятся области D_2 , D_3 и D_4 , где в пределах найденного для них интервала меняются второй, третий и четвёртый параметры. При адекватной модели график $\gamma_{\pm}(m)$ должен целиком лежать внутри каждой из областей D_1 , D_2 , D_3 и D_4 . В окрестности найденного решения γ_{\pm} как функция от параметров монотонна по каждому из них, поэтому границы искомых областей соответствуют левой и правой границам найденного интервала.

На рисунке 4 представлены результаты применения описанной процедуры для раствора $\text{Nd}(\text{NO}_3)_3$ при $\delta=2\%$. Видно, что экспериментальные значения $\gamma_{\pm}(m)$ лежат внутри найденной области для всех параметров при $\delta=2\%$. На основании приведенных данных можно сделать вывод, что кластерная модель растворов адекватно описывает экспериментальные данные.

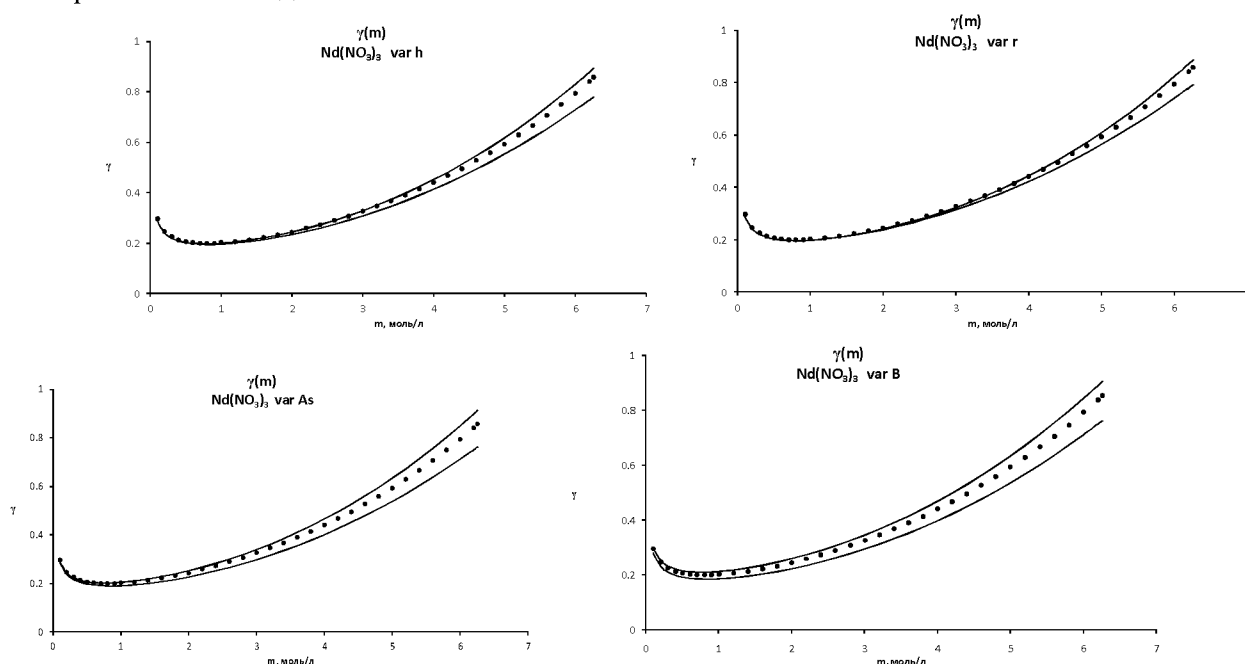


Рисунок 4 – Верхняя и нижняя границы области возможных теоретических зависимостей $\gamma_{\pm}(m)$ при вариации параметров h , r , A_s , B (сплошные линии) и экспериментальная зависимость $\gamma_{\pm}(m)$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренная компьютерная система может использоваться для моделирования свойств растворов электролитов, а также для проверки адекватности новых моделей. В данной работе с ее помощью было установлено, что кластерная модель растворов адекватно описывает экспериментальные данные. Идентификация параметров осуществляется методом наименьших квадратов. Для минимизации функции невязки реализован алгоритм, включающий метод мултистарта, метод доверенных регионов, квази-ньютоновский метод и метод имитации отжига. Для работы с различными типами моделей предусмотрена возможность построения алгоритма оптимизации пользователем с использованием встроенных методов. Обычно для моделирования доступны сглаженные экспериментальные данные, в связи с чем в системе предусмотрена возможность добавления к ним случайного шума для нахождения физически-интерпретируемого решения.

Работа выполнена при финансовой поддержке ФЦП «Кадры инновационной России» (Государственный контракт № П2274).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ge X., Wang X., Zhang M., Seetharaman S. Correlation and Prediction of Activity and Osmotic Coefficients of Aqueous Electrolytes at 298.15 K by the Modified TCPC Model // J. Chem. Eng. Data, 2007. – V. 52. – P. 538-547.

2. Granville V., M. Krivanek, J.-P. Rasson. «Simulated annealing: A proof of convergence». IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence 16 (6). – Pp 652-656, 1994.
3. Branch M.A., Coleman T.F., Li Y. «A Subspace, Interior, and Conjugate Gradient Method for Large-Scale Bound-Constrained Minimization Problems». SIAM Journal on Scientific Computing, 1999. – V. 21. – № 1. – P. 1-23.
4. Byrd R.H., Schnabel R.B., Shultz G.A. «Approximate Solution of the Trust Region Problem by Minimization over Two-Dimensional Subspaces». Mathematical Programming, 1988. – V. 40. – P. 247-263.
5. Bonilla-Petriciolet A., Rangaiah G.P., Segovia-Hernandez J.G. «Evaluation of stochastic global optimization methods for modeling vapor–liquid equilibrium data», Fluid Phase Equilibria, 2010. – 287. – P. 111-125.

Потапов Дмитрий Александрович

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Москва
Аспирант кафедры информатики и процессов управления
E-mail: div-x15@yandex.ru

Модяев Алексей Дмитриевич

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Москва
Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой информатики и процессов управления
E-mail: admodyaev@mephi.ru

Рудаков Андрей Минович

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Москва
Кандидат химических наук, доцент кафедры химии
E-mail: amrudakov@rambler.ru

D.A. POTAPOV (*Post-graduate student at «Informatics and Control Processes» department*)

A. D. MODYAEV (*Doctor of Engineering sciences, professor,
head of «Informatics and Control Processes» department*)

A.M. RUDAKOV (*Candidate of Chemical sciences, associate professor at chemistry department
National Research Nuclear University «MEPHI», Moscow*)

COMPUTER MODELLING AND PREDICTION OF ELECTROLYTES SOLUTION PROPERTIES

One of the main factors of elements extraction and separation control in certain technologies of rare and radioactive elements (extraction, ion exchange, underground leaching) is changing composition of water solutions. For the control action optimization information concerning thermodynamic properties of binary and multicomponent solutions of electrolytes (activities of components, densities of solutions, etc.) is required. In the present article the description of computer system being developed for efficient finding of this properties is presented and by the instrumentality of it the adequacy of the cluster model of solutions is verified.

Keywords: *solutions properties modeling; model verification; cluster model; model parameters identification; mathematical model.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Ge X., Wang X., Zhang M., Seetharaman S. Correlation and Prediction of Activity and Osmotic Coefficients of Aqueous Electrolytes at 298.15 K by the Modified TCPC Model // J. Chem. Eng. Data, 2007. – V. 52. – P. 538-547.
2. Granville V., M. Krivanek, J.-P. Rasson. «Simulated annealing: A proof of convergence». IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence 16 (6). – Pp 652-656, 1994.
3. Branch M.A., Coleman T.F., Li Y. «A Subspace, Interior, and Conjugate Gradient Method for Large-Scale Bound-Constrained Minimization Problems». SIAM Journal on Scientific Computing, 1999. – V. 21. – № 1. – P. 1-23.
4. Byrd R.H., Schnabel R.B., Shultz G.A. «Approximate Solution of the Trust Region Problem by Minimization over Two-Dimensional Subspaces». Mathematical Programming, 1988. – V. 40. – P. 247-263.
5. Bonilla-Petriciolet A., Rangaiah G.P., Segovia-Hernandez J.G. «Evaluation of stochastic global optimization methods for modeling vapor–liquid equilibrium data», Fluid Phase Equilibria, 2010. – 287. – P. 111-125.

УДК 004.9:519.8

А.Л. САВИНА

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ АГЕНТАМИ В ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ МИГРАЦИОННЫХ ПОТОКОВ

В статье рассматриваются математические аспекты построения агентной модели миграционных потоков. Определены основные принципы получения нечетких оценок уровня жизни и описана общая модель принятия решения агентом, которая учитывает качественные и количественные характеристики области принятия решений.

Ключевые слова: имитационная модель; агент; нечеткие оценки; конечный автомат.

В современном мире существует множество рынков труда, различных как по географическому положению, так и по экономическим показателям, что приводит к миграции рабочей силы из менее благоприятных для трудоустройства регионов в более благоприятные. Отечественные исследователи изучают проблему миграции в двух основных аспектах [1]: отъезд из страны наиболее квалифицированных молодых специалистов (так называемая «утечка мозгов») и приезд в страну низкоквалифицированной рабочей силы из стран СНГ. Сравнительно малое внимание уделяется процессам внутренней трудовой миграции. Менее значительные по мировым масштабам, они, тем не менее, затрагивают почти каждую семью в нашей стране, поддерживая замкнутый круг: низкие темпы развития региона обуславливают отток рабочей силы, что, в свою очередь, приводит к еще большему снижению темпов развития региона. Сохранение данной тенденции приводит к упадку небольших городов и целых областей и гиперцентрализации мегаполисов, в первую очередь Москвы.

При исследовании миграционных явлений не следует ограничиваться оценкой общих социально экономических показателей города (региона, страны). Такие оценки достаточны для построения регрессионных моделей и получения прогнозов в относительно стабильных условиях, однако при отклонении хотя бы одного из факторов от установленных предельных значений модель утрачивает надежность [2]. Это свойство общее для всех статистических моделей. На сегодняшний день более актуальным является прогнозирование социально-значимых явлений, основанное на использовании имитационных моделей, реализованных в специальных программных комплексах [3]. Наиболее предпочтительным для решения данной задачи является агентный подход, поскольку он позволяет получить картину изменения социальной ситуации, основанную на последствиях решений и следующих за ними действий отдельных людей. Для построения оценок уровня жизни, обуславливающих принятие решения, был выбран аппарат нечеткой логики, позволяющий учесть субъективность мнений и многообразие факторов, влияющих на интегральную оценку.

ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ УРОВНЯ ЖИЗНИ АГЕНТОВ НА ОСНОВЕ ОПЕРАТОРОВ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

Принятие социально значимого решения, такого как решение о переезде в другой город, происходит на основании сложной системы оценок различных параметров уровня жизни: с одной стороны, в том месте, где человек проживает в настоящий момент, с другой – там, куда он может переехать. К основным факторам, влияющим на оценку уровня жизни, и, следовательно, на принятие решения о миграции, относятся уровень заработной платы, жилищные условия, состав домохозяйства, возможность получения образования и др. Ни один из этих факторов не поддается простой количественной оценке. Следует определить основные факторы, которые окажут влияние на агента при поиске работы, в частности, при оценке предлагаемой заработной платы. Во-первых, он будет сравнивать предлагаемую заработную плату с заработной платой, которую получают его знакомые с аналогичным уровнем образования и квалификацией. Во-вторых, агент примет во внимание уровень жизни в своем домашнем хозяйстве: чем он выше, тем на более высокую заработную плату будет

рассчитывать агент. В-третьих, агент должен учитывать конъюнктуру на рынке труда и знакомства, на которые он может рассчитывать при поиске работы. Если агенту не удается найти в небольшом городе работу, удовлетворяющую всем этим условиям, то высока вероятность того, что он будет склонен принять решение о смене места жительства.

Для формализации параметров уровня жизни был выбран аппарат нечеткой логики, позволяющий получать нормированные оценки на основе неточной информации [4]. Оценка агентом предлагаемой ему заработной платы определена в виде нечеткой переменной $УЗ$, зависящей от уровня доходов в домохозяйстве агента и его «возможностей», складывающихся из природных способностей, уровня образования и квалификации. Общий вид функции принадлежности $\mu_{УЗ}$ нечеткой переменной $УЗ$ представлен на рисунке 1. Значения нечеткой переменной $УЗ$ нормируются в пределах от нуля до единицы, причем в области значений выделяются три сегмента: 1. a_1 – неприемлемый уровень зарплаты ($\mu_{УЗ} = 0$); $a_1 \dots a_2$ – условно-приемлемый уровень ($\mu_{УЗ} \in (0;1)$); $a_2 \dots 10$ – приемлемый уровень ($\mu_{УЗ} = 1$). К первому сегменту относится заработная плата, размер которой значительно меньше среднего дохода в домохозяйстве агента; ко второму – зарплата, сопоставимая со средним доходом или выше; к третьему – значительно превосходящая его. Граница первого сегмента a_1 определяется средним доходом в домохозяйстве агента. Граница второго сегмента a_2 регулируется также уровнем возможностей агента: чем он выше, тем на больший рост доходов по мере повышения квалификации он может рассчитывать.

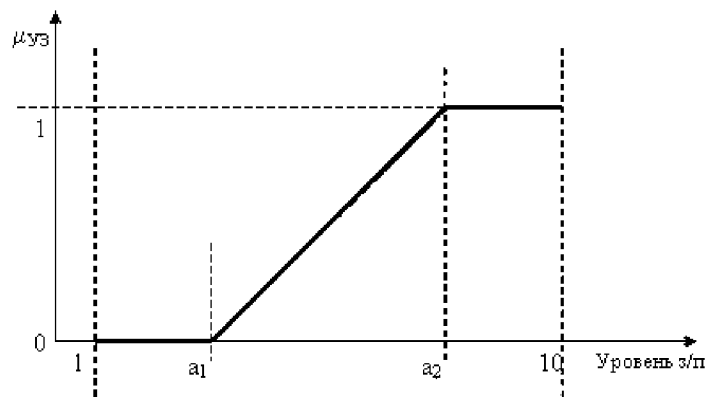


Рисунок 1 – Общий вид функции принадлежности $\mu_{УЗ}$

Функция принадлежности нечеткой переменной $УЗ$ имеет вид:

$$\mu_{УЗ}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq d - \varepsilon; \\ \frac{x - d + \varepsilon}{v}, & d - \varepsilon < x < d - \varepsilon + v; \\ 1, & x \geq d - \varepsilon + v, \end{cases}$$

где x – уровень заработной платы агента;

$\mu_{УЗ}$ – функция принадлежности нечеткой переменной $УЗ$;

d – уровень дохода в домохозяйстве агента;

v – уровень возможностей агента;

ε – некоторое натуральное число (ε , равное единице, показывает, что агент допускает возможность работы с уровнем зарплаты не более, чем на один пункт ниже среднего дохода в его домохозяйстве).

Жилищные условия не могут быть оценены подобным образом, поскольку не имеют прямого количественного выражения. При оценке жилищных условий необходимо учитывать, во-первых, площадь, приходящуюся на одного члена домохозяйства. Во-вторых, следует учитывать градацию уровней жилья. Выделим следующие группы жилых помещений: общежития, коммунальные квартиры, дома с частичными удобствами ($b=1$); панельные дома, кирпичные и деревянные дома, построенные более 20 лет назад ($b=2$);

новые кирпичные дома и коттеджи ($b=3$); элитные дома ($b=4$). Интегральная оценка жилищных условий агента включает оценку уровня жилого помещения и соответствия нормативам площади, приходящейся на одного человека. Разделим жилищные условия на следующие категории и поставим им в соответствие оценки p^* (таблица 1).

Таблица 1 – Оценка жилищных условий

Жилищные условия	Обозначение	Оценка p^*
«очень низкие»	<i>ОН</i>	0.2
«низкие»	<i>Н</i>	0.4
«средние»	<i>С</i>	0.6
«высокие»	<i>В</i>	0.8
«очень высокие»	<i>ОВ</i>	1.0

Оценка жилищных условий агента будет являться очень низкой, если он проживает в помещении уровня $b = 1$ и при этом площадь, приходящаяся на него, меньше нормативной; и низкими, если эта площадь соответствует нормативам. В силу того, что установленная норма является усредненной цифрой, а не объективным показателем, границу между множествами следует сделать более размытой, используя аппарат нечеткой логики. Интегральная оценка жилищных условий рассчитывается следующим образом:

$$p_{ужу}^* = \mu_{он}(p) \cdot p_{он}^* + \mu_n(p) \cdot p_n^*,$$

где $p_{ужу}^*$ – интегральная оценка жилищных условий;

p – жилая площадь, приходящаяся на одного человека;

$\mu_{он}$ – степень принадлежности жилищных условий категории «очень низкие»;

$p_{он}^*$ – количественная оценка жилищных условий категории «очень низкие»;

μ_n – степень принадлежности жилищных условий категории «низкие»;

p_n^* – количественная оценка жилищных условий категории «низкие».

Для получения интегральной оценки уровня жизни необходимо учитывать, помимо индивидуальных параметров, общие характеристики уровня жизни в регионе, важнейшими из которых являются: экологическая обстановка, уровень развития коммуникаций (систем жизнеобеспечения, транспортного сообщения, связи) и социальной сферы (медицинское обслуживание, возможности получения образования и проведения досуга). Поскольку такая оценка в значительной степени является объективной, при моделировании она принимает одинаковое значение для всех агентов, проживающих в регионе. Интегральная оценка уровня жизни строится на основании оценок $УЗ$ и $УЖУ$, а также оценки условий жизни в регионе ($УЖР$) с помощью оператора алгебраической суммы, сохраняющего нормирование в пределах от нуля до единицы.

ОЦЕНКА ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЯ АГЕНТОМ

Оценка уровня жизни в городе, в который возможен переезд, является более сложной задачей. Информация об уровне жизни в другом городе поступает к агенту из разных источников, которые делятся на две группы: рассеянные, то есть воздействующие одинаково на всех агентов (средства массовой информации, Интернет, официальные статистические сборники, современная художественная литература и кинематограф), и направленные, то есть действующие лишь на определенного агента или группу агентов (рассказы знакомых, поездки). По мере поступления, анализа и систематизации этой информации агент формирует свою субъективную картину жизни в другом городе. Следует принять во внимание, что агента в большей степени интересует не всеобъемлющая характеристика жизни в городе, а только те показатели, которые могут иметь к нему непосредственное отношение в случае, если он решится на переезд. С учетом этих ограничений формируется интегральная оценка ожидаемого уровня жизни $ОУЖ$. Оценки $УЖ$ и $ОУЖ$ можно сравнивать, так как обе они нормируются в пределах от нуля до единицы [4].

Несмотря на то, что уровень жизни в России значительно отличается в разных регионах, мобильность населения остается невысокой. Это явление объясняется рядом экономических, социальных и психологических причин. К экономическим причинам относится, в первую очередь, так называемая «ловушка бедности», когда у человека не хватает средств на переезд и обустройство на новом месте. Социальные факторы включают различные семейные обстоятельства, ограничивающие свободу агента, но не являющиеся непреодолимыми препятствиями к переезду. При анализе влияния социальных факторов на принятие решения следует учитывать их материальный аспект. Наиболее распространенными ограничивающими факторами является наличие у агента: супруга (супруги), условия трудоустройства которого ухудшатся при переезде, тогда материальной стороной проблемы будет способность агента обеспечить обоим; маленького ребенка, в этом случае агент должен быть в состоянии выделять из своих доходов определенную сумму на содержание ребенка, если он остается с родственниками в родном городе, или оплачивать детский сад (школу) на новом месте; или престарелых родителей, обязанности по уходу за которыми агент передает другому лицу (соседям, приходящей медсестре и т.п.) за определенное вознаграждение. Таким образом, ожидаемый уровень жизни агента в другом городе может ухудшиться в силу ограничивающих факторов. Следовательно, ограничивающие факторы должны быть учтены при формировании интегральной оценки ожидаемого уровня жизни на этапе оценки ожидаемого уровня дохода.

$$OUZ\Phi = OUZ - (\omega_1 \cdot \Phi_1 + \omega_2 \cdot \Phi_2 + \omega_3 \cdot \Phi_3),$$

где OUZ – ожидаемый уровень заработной платы, с учетом уровня возможностей, образования и квалификации агента;

$OUZ\Phi$ – ожидаемый уровень заработной платы, с учетом расходов на устранение ограничивающих факторов;

Φ_1, Φ_2, Φ_3 – стоимость устранения соответствующего ограничивающего фактора;

$\omega_1, \omega_2, \omega_3$ – коэффициент наличия ограничивающего фактора, причем:

$$\omega_i = \begin{cases} 1, & \text{если фактор } i \text{ имеет место} \\ 0, & \text{если фактор } i \text{ отсутствует} \end{cases}$$

Помимо экономических и социальных, необходимо учитывать также психологические причины, в основе которых лежит склонность человека к переменам, или, наоборот, природная инертность. Согласно социологическим исследованиям, к энергичным и деятельным людям могут быть отнесены от пяти до семи процентов населения, остальные же в большей степени склонны подстраиваться под обстоятельства, в которых оказались, чем пытаться их изменить. Тем не менее, по мере роста недовольства условиями жизни, у агента накапливается энергия, способная по достижении некоторого порога толкнуть его на решительные действия. Уровень недовольства агента зависит от разницы между имеющимся и ожидаемым уровнем жизни (чем он больше, тем выше недовольство агента) и времени, в течение которого агент находится в неудовлетворительном состоянии. Представим описанные зависимости на графике (рис. 2). По оси абсцисс расположены такты модельного времени t , по оси ординат – уровень недовольства E_1 , который рассчитывается по формуле:

$$E_1(x, t) = \mu_{оуж}(x, t) - \mu_{уж}(x, t),$$

где $\mu_{уж}(x, t)$ – значение функции принадлежности уровня жизни агента x в своем городе в такт времени t ;

$\mu_{оуж}(x, t)$ – значение функции принадлежности оценки уровня жизни агента x в другом городе в такт времени t ;

$E_1(x, t)$ – уровень недовольства агента x в такт времени t .

Накапливание уровня недовольства с течением времени выразим с помощью оператора алгебраической суммы, сохраняющего нормирование значений оценок от нуля до единицы.

$$S_E(x, t) = S_E(x, t-1) + E_1(x, t) - S_E(t-1, x) \cdot E_1(x, t),$$

где t – такт модельного времени;

$E_I(x, t)$ – уровень недовольства агента x в такт времени t ;

$S_E(t)$ – уровень недовольства, накопленный агентом x к такту t ;

$S_E(t-1)$ – уровень недовольства, накопленный агентом x к такту $t-1$.

Порог накопления уровня недовольства нормируется в пределах от нуля до единицы и является индивидуальным для каждого агента. По достижении уровнем накопленного недовольства УН порогового значения (ПУ) агент принимает решение о переезде.

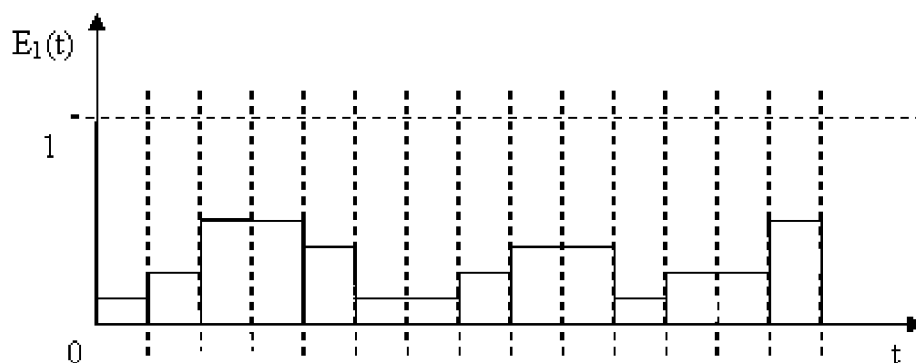


Рисунок 2 – Динамика уровня недовольства агента

МОДЕЛИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ АГЕНТОМ НА ОСНОВЕ КОНЕЧНОГО АВТОМАТА

Теория бихейвиоризма, изучающая процессы принятия решений и различные аспекты поведения, описывает процесс осуществления некоторой целенаправленной деятельности следующим образом [5]. Человек имеет набор потребностей и существует в некоторой среде. Среда воздействует на человека через разнообразные импульсы. Результатом столкновения потребности с импульсом, способным удовлетворить эту потребность, является мотивация. В зависимости от частоты и интенсивности поступления импульсов этот эффект может быть подкреплён (что с физиологической точки зрения соответствует усилению рецепторно-эффекторных связей между нейронами), либо угаснуть (связи ослабляются или исчезают). Следствием усиления связи до определенной степени является вызов реакции. Данный процесс наглядно описывается с помощью конечного автомата, описывающего общую схему поведения (АОСП), представленного на рисунке 3. АОСП включает набор состояний: наличие потребности (начальное состояние); мотивация; подкрепление; угасание; реакция; отсутствие потребности (финальное состояние). Переходы осуществляются под воздействием внешних событий, изменений в структуре рецепторно-эффекторных связей (РЭС) или комбинации этих факторов.

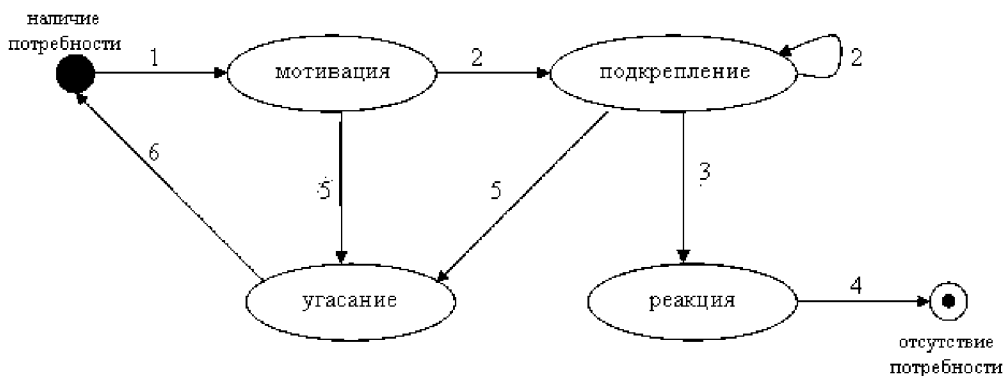


Рисунок 3 – Автомат, описывающий общую схему поведения

Модель принятия решения о миграции строится на основе общей схемы поведения, что позволяет придать решениям агента необходимую психологическую обоснованность. Наряду со структурой процесса принятия решения необходимо учитывать качественные и

количественные характеристики области принятия решений, то есть перспектив миграции. Состояние агента описывается набором нечетких переменных: $УЖ$, $ОУЖФ$, $УН$, $ПУ$. Алфавит состояний автомата принятия решения о миграции (АПРМ) задается кортежем $Q = \{q_0, q_1, q_2, q_3\}$. В таблице 2 отражены сочетания управляющих переменных, определяющие каждое состояние, а также логическая связь состояний АОСП и АПРМ.

Таблица 2 – Состояния АПРМ

Условное обозначение состояния	Название состояния	Сочетание управляющих переменных	Состояние АОСП
q_0	агент не имеет желаний уезжать из города	$УЖ \geq ОУЖФ$	наличие потребности; мотивация
q_1	агент хочет, но не готов уехать из города	$УЖ < ОУЖФ$ $УН < ПУ$	подкрепление; угасание
q_2	агент готов уехать из города	$УЖ < ОУЖФ$ $УН \geq ПУ$	реакция
q_3	агент уехал из города	пересчет оценок	отсутствие потребности

Представление переходов АПРМ в виде таблицы является нерациональным, поскольку при точности до сотых сочетание всех возможных входных сигналов и состояний имеет порядок 10^8 . Более наглядным является графическое представление (рисунок 4). Срабатывания переходов обусловлено изменением значений переменных состояния автомата. Начальное состояние автомата будет определяться начальным распределением значений управляющих переменных. Финальное состояние автомата – переезд агента в другой город.

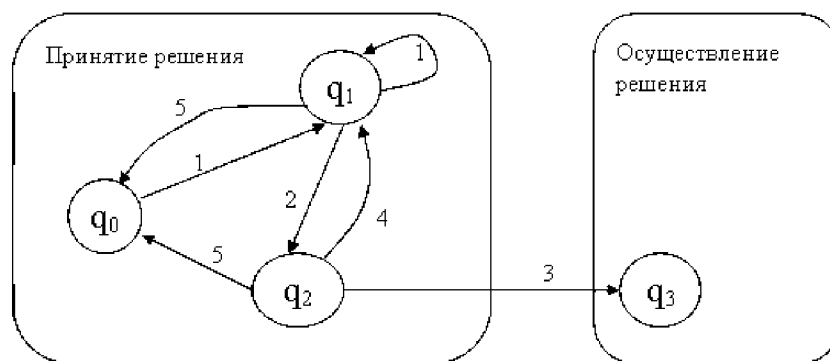


Рисунок 4 – Схема переходов АПРМ

Входные сигналы автомата содержат сведения об изменении значений переменных состояния, причем каждой переменной состояния соответствует отдельный входной канал. Входной алфавит автомата X включает значения в диапазоне от 0 до 1 с требуемой степенью точности. Точности до сотых соответствует 101 значение входного алфавита. Поступление нулевого сигнала одновременно на все входы автомата означает пересчет оценок, осуществляемый при переезде агента в другой город. Для формирования выходного сигнала достаточно одного выходного канала $У$, причем сигнал $У=0$ означает, что агент остается в исходном городе, а $У=1$ – переезд в другой город. Поскольку на осуществление принятого решения агенту требуется некоторое время, выходной сигнал целесообразно формировать с задержкой, то есть АПРМ задается как автомат Мура.

ВЫВОДЫ

Современный уровень развития математических методов предоставляет возможности анализа и прогнозирования социальных явлений с учетом присущей внешней среде неопределенности и ограниченной рациональности принимаемых человеком решений, связанной с неполнотой доступной информации об окружающем мире. Использование

аппарата нечеткой логики позволяет получить оценки слабо формализуемых параметров социальной среды, близкие к реальным оценкам, которые люди формируют в повседневной жизни. Кроме того, работа с нечеткими оценками не требует значительных вычислительных мощностей, что особенно важно при планировании программной реализации модели, так как эти оценки должны строиться и корректироваться для тысяч агентов. Каждый агент принимает самостоятельное решение, основанное на оценке уровня жизни в том регионе, где он проживает, и в том, куда он может переехать.

В основе предлагаемой схемы принятия решения агентом лежит модель поведения, разработанная в рамках бихейвиористического подхода. Данная модель была доработана в соответствии с особенностями решаемой задачи и приведена к виду конечного автомата, моделирующего принятие агентом решения о переезде из одного города в другой. В основе автоматных переходов лежит пересчет системы индивидуальных нечетких оценок уровня жизни и накопленного недовольства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рыбаковский Л.Л. Миграция населения. Три стадии миграционного процесса [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.i-u.ru/biblio/archive/migracia/1.aspx> (дата обращения 4.02.2011)
2. Алешковский И.А. Детерминанты внутренней миграции населения в России. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата экономических наук. – М.: МГУ, 2007.
3. Савина О.А. Имитационное моделирование экономических систем и процессов. – Орел: ОрелГТУ, 2004.
4. Пегат А. Нечеткое моделирование и управление. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009.
5. Миллер Д., Галантер Ю., Прибрам К. Планы и структура поведения // История зарубежной психологии (30-60-е гг. XX в.) Тексты. – М.: Издательство Московского университета. – С. 97–116.

Савина Александра Леонидовна

ФГБОУ ВПО «Государственный университет – УНПК», г. Орел

Аспирант кафедры информационных систем

Тел.: 8 (4862) 76-37-37

E-mail: aleks.savina@gmail.com

A.L. SAVINA (*Post-graduate student*)
State University – Study-Science-Production Complex

MATHEMATICAL MODEL FOR AGENT'S DECISION MAKING PROCESS IN SIMULATION MODEL OF MIGRATION FLOWS

The article deals with mathematical aspects of the construction of agent-based model of migration flows. There are described the main principles of blurry estimates of living standards and the general decision-making model agent, that takes into account quantitative and qualitative characteristics of decision-making.

Keywords: *simulation model; agent; fuzzy evaluation; finite automaton.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Ry'bakovskij L.L. Migraciya naseleniya. Tri stadii migracionnogo processa [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.i-u.ru/biblio/archive/migracia/1.aspx> (data obrashheniya 4.02.2011).
2. Aleshkovskij I.A. Determinanty' vnutrennej migracii naseleniya v Rossii. Avtoreferat dissertacii na sosiskanie uchyonoj stepeni kandidata e'konomicheskix nauk. – M.: MGU, 2007.
3. Savina O.A. Imitacionnoe modelirovanie e'konomicheskix sistem i processov. – Oryol: OryolGTU, 2004.
4. Pegat A. Nechyotkoe modelirovanie i upravlenie. – M.: BINOM. Laboratoriya znaniy, 2009.
5. Miller D., Galanter Yu., Pribram K. Plany' i struktura povedeniya // Istoriya zarubezhnoj psihologii (30-60-e gg. XX v.) Teksty'. – M.: Izdatel'stvo Moskovskogo universiteta. – S. 97-116.

УДК 303.732.4; 510.649

И.А. ШПЕХТ, А.Ю. САМСОНОВ

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ С ИЗМЕНЯЮЩИМИСЯ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ ПРАВИЛАМИ НА ОСНОВЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ НЕЧЕТКОЙ БАЗЫ ЗНАНИЙ

В статье рассматривается разработка информационной системы принятия решений на основе динамической нечеткой базы знаний, которая является составной частью одного из модулей технологии экспертно-классификационного анализа и моделирования методологии «Автоматизация этапов системного анализа».

Ключевые слова: системный анализ; сложная система; дерево целей; динамическая база знаний; динамическое нечеткое логическое правило; логическая связка.

ВВЕДЕНИЕ

Системный анализ представляет собой эффективное средство решения сложных, недостаточно четко сформулированных проблем в науке, на производстве и в других областях. При этом изучаемая система рассматривается комплексно, с учетом ее внешних и внутренних взаимосвязей, существующих ограничений и последствий принимаемых решений.

Существуют различные подходы формулирования и реализации этапов системного анализа при исследовании сложных систем (СС). При этом ни один из таких подходов не предлагает пути полной формализации всех этапов системного анализа. Как правило, на каждом из этапов существуют определенные подэтапы и шаги, где формализация возможна только с помощью неклассических информационных методов с опорой на мнение специалистов-экспертов с учетом размытости и неполноты исходной информации.

ОПИСАНИЕ МЕТОДОЛОГИИ ASSA

Для формализации этапов системного анализа разработана методология «Автоматизация этапов системного анализа» («Automation of Stages of the System Analysis») – методология ASSA [1], которая содержит в своем составе пять технологий анализа и моделирования (технология АМ) (рис.1) по числу этапов системного анализа (рис. 2). При этом для представления этапов системного анализа использована трактовка, предложенная в [2] виде IDEF0-диаграммы (рис. 2).

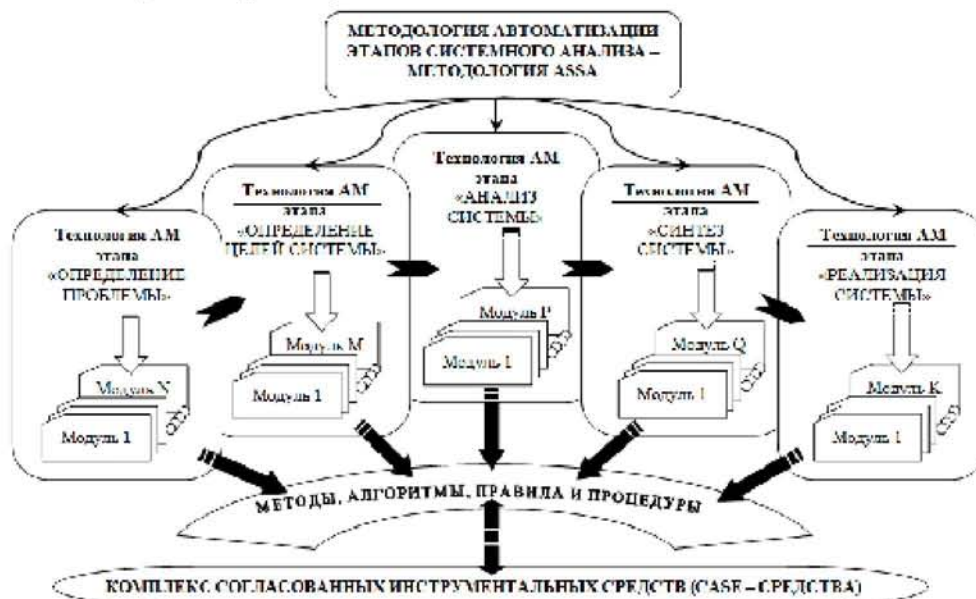


Рисунок 1 – Методология автоматизации этапов системного анализа

Рассмотрим применение методологии ASSA к реализации этапа системного анализа «Определение целей системы» (рис. 2). Этот этап как составная часть системного анализа содержит два подэтапа[2] (рис. 3):

- подэтап 1 – выявление целей системы;
- подэтап 2 – определение критериев системы.

Правильно организованный процесс выработки целей (подэтап 1) предполагает выполнение следующих шагов:

- шаг 1 – определение целей надсистемы;
- шаг 2 – определение целей и ограничений среды;
- шаг 3 – определение глобальной цели системы;
- шаг 4 – декомпозиция целей и функций системы.

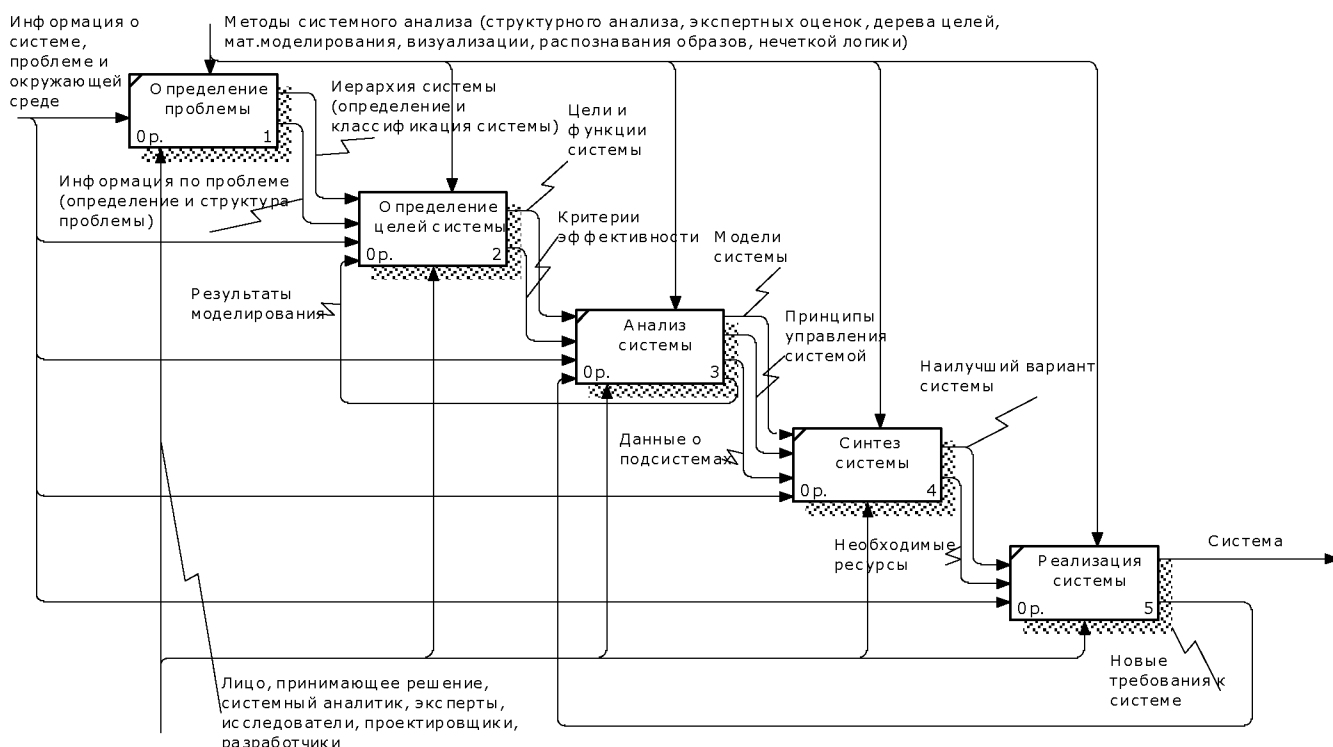


Рисунок 2 – Этапы системного анализа

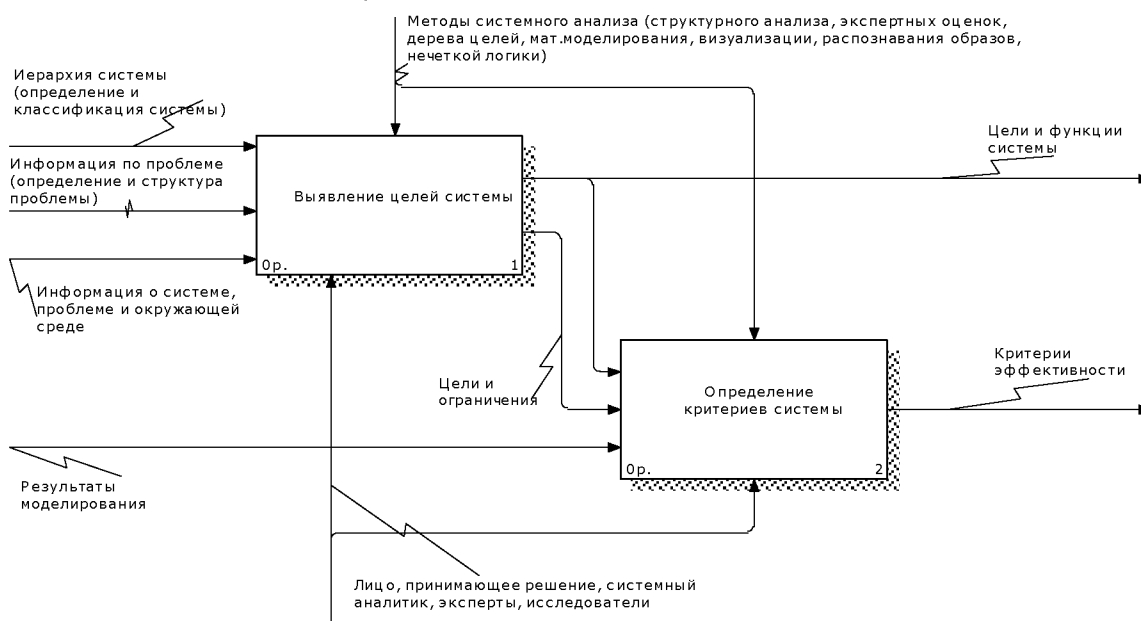


Рисунок 3 – Этап «Определение целей системы»

Для реализации подэтапа 1 «Выявление целей системы» требуется выполнение глобальной цели функционирования системы, что обычно приводит к требованию выполнения множества локальных целей различного уровня иерархии и организации связей. После установления глобальной цели производят декомпозицию целей, то есть формирование последующих уровней по подсистемам. Любой следующий уровень целей формируется таким образом, чтобы обеспечить достижение целей более высокого уровня. Каждая «ветвь» описывает не способ достижения цели, а конкретный конечный результат, выраженный каким-либо показателем. Представленная модель упорядочения целей разного уровня управления в единую комплексную систему получила название «дерево целей». Чем сложнее организационная структура системы, тем больше уровней декомпозиции и сложнее дерево целей (рис. 4).

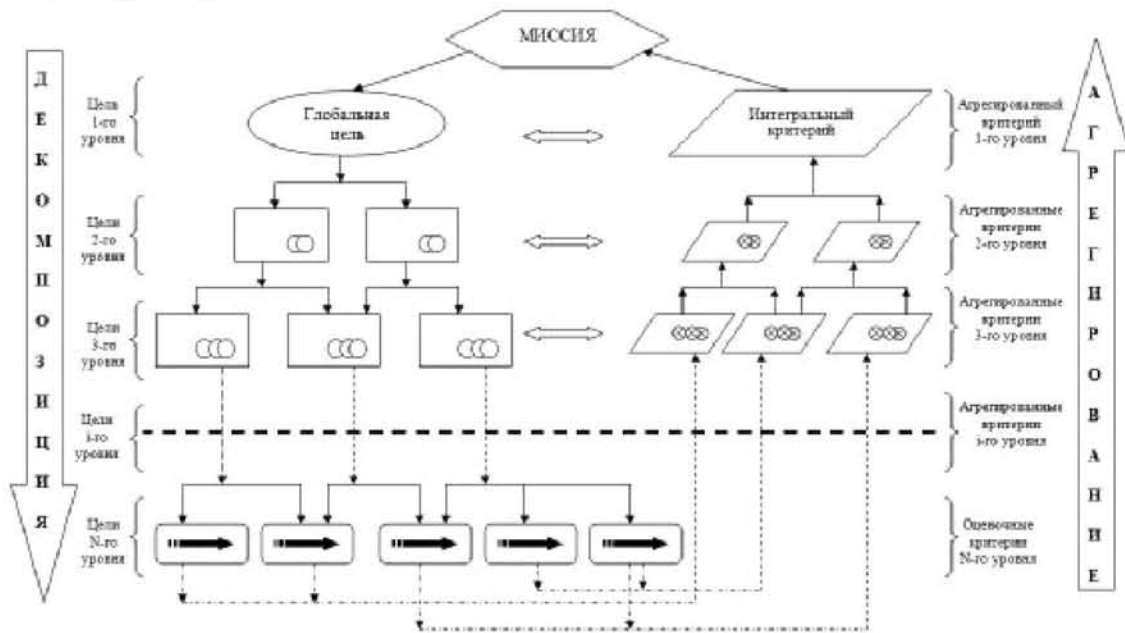


Рисунок 4 – Структурная схема отображения дерева целей на дерево критериев эффективности

Шаги, предпринимаемые для определения критериев системы (подэтап 2 «Определение критериев системы»), можно представить следующим образом:

- шаг 1 – определение системы критериев достижения цели;
- шаг 2 – декомпозиция критериев по подцелям;
- шаг 3 – определение методов оценки критериев;
- шаг 4 – разработка методики определения критериев системы.

Формализация вышеперечисленных шагов этапа системного анализа «Определение целей системы» реализована на основе разработанной технологии экспертно-классификационного анализа и моделирования (технология ЭКАМ) дерева целей и критериев эффективности, входящей в методологию ASSA [3].

Технология ЭКАМ представляется в виде следующих модулей.

1. Модуль формирования целей и ограничений.
2. Модуль выбора информативных признаков.
3. Модуль построения и анализа дерева целей.
4. Модуль анализа и моделирования дерева критериев.

Шаги 1 и 2 подэтапа 1 «Выявление целей системы» представляются процессами, трудно поддающимися формализации, они формулируются силами экспертов-аналитиков и исследователей системы. Данный процесс в настоящее время носит неформализованный характер и может быть реализован с привлечением экспертов (модуль 1, рис. 5).

Задача модуля «Выбор информативных признаков» (модуль 2, рис.5) технологии ЭКАМ состоит в формализации шагов 3 и 4 подэтапа 1 посредством отбора заданного или произвольного числа наиболее информативных показателей (признаков, индикаторов), которые в максимальной степени привязаны к моделируемой системе и наиболее полно характеризуют глобальную цель.



Рисунок 5 – Технология ЭКАМ (модули 1,2)

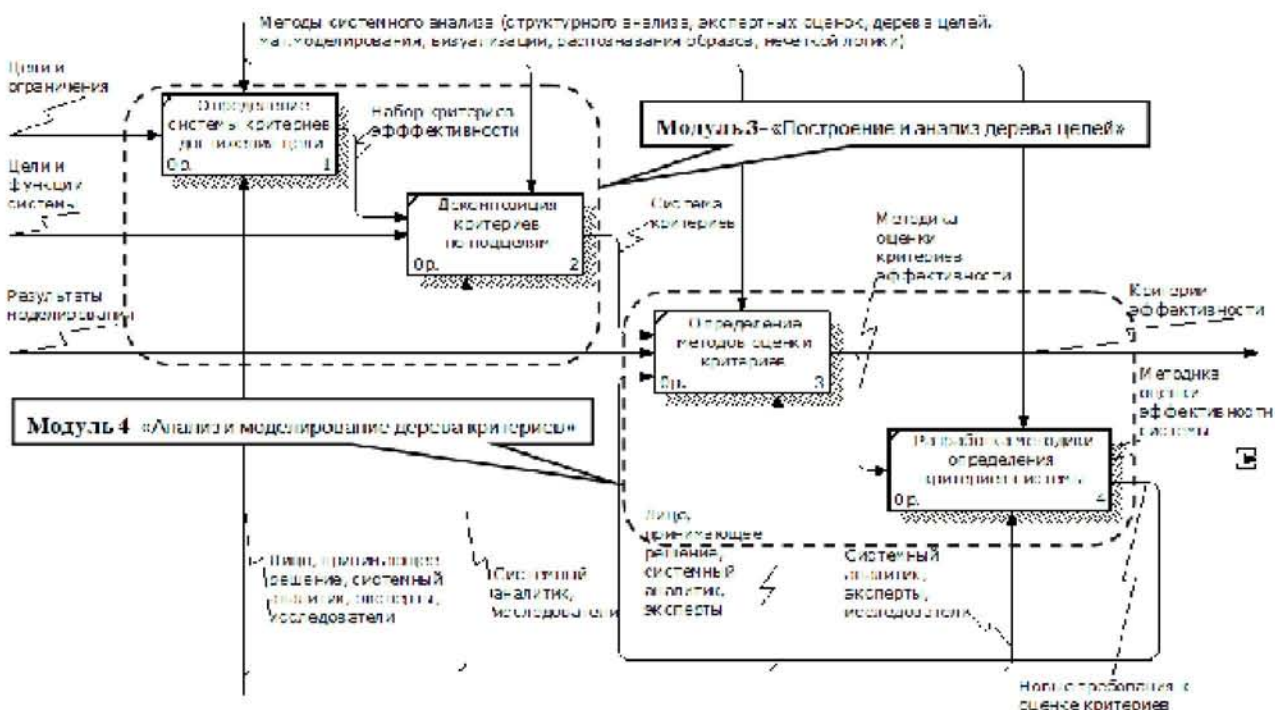


Рисунок 6 – Технология ЭКАМ (модули 3,4)

В модуле «Построение и анализ дерева целей» (модуль 3, рис. 6) для формализации шага 1 «Определение системы критериев достижения целей» с опорой на декомпозицию критериев подцелей (шаг 2) проводится построение дерева целей с использованием экспертных процедур. Ряд экспертных оценок и предположений математически моделируется на основе формализованных методов анализа.

Входной информацией для модуля «Анализ и моделирование дерева критериев» является модель дерева целей как результат моделирования на основе системы критериев, а выходом – методика оценки критериев эффективности и эффективности системы в целом (модуль 4, рис. 6) в виде набора значений критериев эффективности, характеризующих степень достижения системой глобальной или локальных целей, представленных в виде дерева критериев, иерархически соответствующих дереву целей системы (рис. 4).

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В данной работе предлагается при реализации технологии ЭКАМ, а именно, модуля 4 «Анализ и моделирование дерева критериев», разработка информационной системы принятия решений с изменяющимися в реальном времени правилами через введение понятия «динамические нечеткие логические правила»; на основе этих решений планируется разработка «динамической нечеткой базы знаний», которая приведет к более эффективному и оперативному принятию решений на этапе системного анализа «Определение целей системы» (рис. 2).

ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ НЕЧЕТКОЙ БАЗЫ ЗНАНИЙ

При отображении критериев эффективности на дерево целей требуется получить количественное значение оценки глобальной цели (рис. 4). Такую оценку можно получить на основе нечеткого агрегирования критериев эффективности посредством нечетких логических выводов, основанных на возможных логических выражениях типа «если – то», совокупность которых и составляет нечеткую базу знаний (НБЗ).

Как известно, в стандартных системах принятия решений, разрабатываемых на основе теории нечеткого множества Заде [4], предполагается создание статической НБЗ, т.е. не изменяющихся во времени нечетких логических правил (НЛП) и критериев эффективности.

Современное развитие информационного общества и средств оперативного принятия эффективных решений предполагает разработку информационных систем принятия решений с изменяющимися правилами и критериями оценки состояний системы. В работе такие сложные системы будем называть динамическими сложными системами (ДСС), а нечеткую базу знаний, описывающую систему принятия решений на основе динамических нечетких логических правил (ДНЛП) в таких системах – динамической нечеткой базой знаний (ДНБЗ).

ДНБЗ представляет собой базу знаний, в которой возможна запись, адаптация и удаление во времени нечетких логических правил, элементы которых обучаются в зависимости от конъюнктуры внешней среды или внутренних системных изменений.

Как и в классическом случае, в зависимости от числа входных и выходных лингвистических переменных возможны следующие варианты реализации ДНБЗ:

1. SISO («Single Input – Single Output» – один вход – один выход);
2. MISO («Multi Inputs – Single Output» – много входов – один выход);
3. MIMO («Multi Inputs – Multi Outputs» – много входов – много выходов).

Демонстрацию построения и реализацию ДНБЗ рассмотрим для варианта ее реализации MISO (много входов – один выход). Для более удобного изложения материала вначале рассмотрим описание классического варианта нечеткой базы знаний (НБЗ) MISO, которая имеет следующий вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} R^1: \text{если } X_1 = x_1^1 \text{ или}(u) X_2 = x_2^1 \text{ или}(u) \dots \text{ или}(u) X_m = x_m^1 \text{ то } Y = y^1; \\ \dots \\ R^q: \text{если } X_1 = x_1^q \text{ или}(u) X_2 = x_2^q \text{ или}(u) \dots \text{ или}(u) X_m = x_m^q \text{ то } Y = y^q; \\ \dots \\ R^l: \text{если } X_1 = x_1^{p_1} \text{ или}(u) X_2 = x_2^{p_2} \text{ или}(u) \dots \text{ или}(u) X_m = x_m^{p_m} \text{ то } Y = y^l, \end{array} \right. \quad (1)$$

где R^q – q -я строка НБЗ, $q = \overline{1, l}$, l – количество строк (нечетких правил);

X_i – вектор i -ой входной лингвистической переменной (критерии эффективности),
 $i = \overline{1, m}$, m количество входных переменных;

x_i^j – j -й терм i -ой входной переменной, $j = \overline{1, p_i}$, p_i – количество термов;

Y – вектор выходной нечеткой лингвистической переменной (глобальной цели);

y^k – k -й терм выходной лингвистической переменной, $k = \overline{1, n}$.

Представленные в (1) правила НБЗ можно также записать сокращенно с помощью функций принадлежности терм-множеств входных и выходных лингвистических переменных:

$$R^q = [\mu_{y^k}(Y) / Y \mid \mu_{x_1^j}(X_1) / X_1, \dots, \mu_{x_i^j}(X_i) / X_i], \quad (2)$$

где R^q – q -я строка НБЗ, $q = \overline{1, l}$, l – количество строк (нечетких правил);

$\mu_{y^k}(Y)$ – функции принадлежности k -х термов выходной лингвистической переменной, $k = \overline{1, n}$;

«|» – вертикальная черта, означающая условие, при котором может быть получена выходная лингвистическая переменная (символ «|» читается «...при условии, что...»);

$\mu_{x_i^j}(X_i)$ – функции принадлежности j -х термов i -х входных лингвистических переменных, $i = \overline{1, m}$, $j = \overline{1, p_i}$.

Логические связи «и/или» (операторы min/max по Заде [4]) здесь заменены запятой.

Исходя из вышеперечисленного, для ДНБЗ (с учетом реального времени) введем новую переменную R_t^q , где t – время, за которое формируется одно или несколько правил R^q . Тогда ДНБЗ с учетом реального времени имеет вид:

$$R_t^q = \{R^q, t\}.$$

Разработку информационной системы принятия решений в реальном времени предлагается рассмотреть двумя способами:

- 1) «снизу-вверх», т.е. от ДНБЗ к построению дерева целей и критериев эффективности;
- 2) «сверху-вниз», т.е. от дерева целей и критериев эффективности к формированию ДНБЗ.

Для представления первого способа («снизу-вверх») разработки системы принятия решений в реальном времени рассмотрим построение фрагмента гипотетического дерева целей типа «если-то» на основе ДНБЗ с двумя входными ($X_1 = \{x_1^1, x_1^2, x_1^3\}$, $X_2 = \{x_2^1, x_2^2, x_2^3\}$) и одной выходной ($Y = \{y^1, y^2, y^3\}$) лингвистическими переменными с тремя термами в каждой и с тремя нечеткими логическими правилами:

- 1: если ($X_1 = x_1^1$ и $X_2 = x_2^1$) или ($X_1 = x_1^2$ и $X_2 = x_2^2$) то $Y = y^1$;
- 2: если $X_1 = x_1^2$ или $X_2 = x_2^3$ то $Y = y^2$;
- 3: если ($X_1 = x_1^3$ или $X_2 = x_2^2$) и ($X_1 = x_1^1$ или $X_2 = x_2^3$) то $Y = y^3$. (3)

В рамках разрабатываемой информационной системы принятия решения для построения дерева целей и критериев эффективности, полученного вследствие

преобразования иерархической структуры исследуемой системы (рис. 4), разобьем его на три уровня. Вершинами первого уровня являются критерии эффективности, представляющие собой систему входных нечетких лингвистических переменных и соответствующих термов с функциями принадлежности (X-уровень, количественные оценки), а вершинами последующих уровней (Z-уровни) – подцели (качественные оценки), ведущие к глобальной цели (Y-уровень). Связями представленного дерева являются части ДНЛП, на основе которых и осуществляется количественный вывод результата.

Фрагмент дерева целей и критериев «если-то», построенный первым способом «снизу-вверх» соответственно ДНБЗ (3), представлен на рисунке 7.

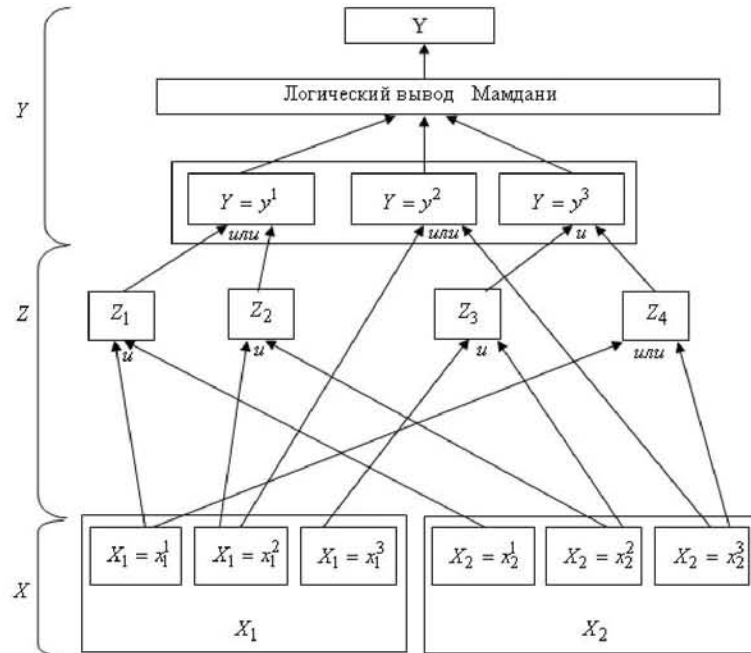


Рисунок 7 – Структура фрагмента преобразованного дерева целей «если-то» (способ «снизу-вверх»)

Y – Y-уровень (глобальная цель); Z – Z-уровни (подцели, качественные оценки);
X – первый уровень (критерии эффективности, количественные оценки)

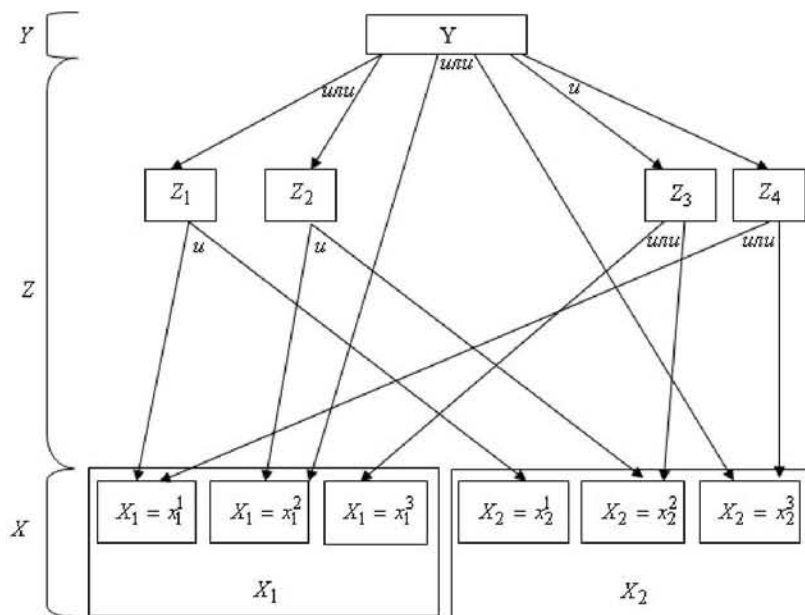


Рисунок 8 – Фрагмент дерева целей «если-то» (способ «сверху-вниз»)

Y – Y-уровень (глобальная цель); Z – Z-уровни (подцели, качественные оценки);
X – первый уровень (критерии эффективности, количественные оценки)

Преобразованное дерево целей «если-то» можно построить также по второму способу «сверху-вниз» без составления ДНБЗ, если изначально имеются мнения экспертов о многосторонней связи глобальной цели (Y-уровень) с критериями эффективности (X-уровень) через качественное описание их взаимосвязей внутри дерева (Z-уровни) (рис. 8).

В этом случае формулировка единого нечеткого логического правила (НЛП) связи глобальной цели Y с критериями эффективности X производится на основе построенного дерева целей и имеет вид:

$$Y = f(z_1, z_2, z_3, z_4) \Big|_{\min/\max} = f(X_1, X_2) \Big|_{\min/\max}. \quad (4)$$

Как можно заметить, первый способ («снизу-вверх») построения ДНБЗ и дерева целей является предпочтительным в связи с простотой составления НЛП по опросам экспертов, а также получением агрегированной оценки глобальной цели Y через использование известных правил логического вывода Мамдани.

Также преимуществом первого способа является его устойчивость к изменениям по времени нечетких логических правил R_i^q (что и будем иметь при разработке ДНБЗ) по сравнению со вторым способом, где любые изменения правил в зависимости изменения условий внешней среды приводят к полному перепостроению дерева целей и критериев эффективности и на его основе получению совершенно новых нечетких логических зависимостей (4).

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ АНАЛИЗА И МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЕРЕВА КРИТЕРИЕВ

В рамках предложенной в работе информационной системы принятия решений работу ДНБЗ можно реализовать двумя способами:

- 1) Вручную (ручной учет изменения правил «если-то»).
- 2) Автоматически (учет и адаптация правил «если-то» без участия человека).

На данном этапе разработки рассмотрен ручной способ реализации ДНБЗ, так как учет и адаптация НЛП типа «если-то» без участия человека требуют наличие алгоритмов автоматического извлечения данных (лингвистических переменных, нечетких термов с функциями принадлежности) из внешней среды, которые обуславливаются разработкой сложных математических методов и их реализации.

Для реализации способа ручного учета изменения НЛП «если-то» в работе использован программный комплекс Matlab (матричная лаборатория), содержащий модуль нечеткой логики Fuzzy Logic Toolbox и среду программирования Delphi версии 7.0. К основным нестандартным особенностям реализации пакета Fuzzy Logic Toolbox можно отнести следующие:

- нестандартный запуск пакета, который происходит по команде из среды MATLAB;
- в пакете присутствуют нестандартные английские сокращения, которые усложняют понимание работы с пакетом;
- сложная логика работы с программой, она разделена на модули, которые вызываются из меню.

Таковыми специфическими особенностями модуль Fuzzy Logic Toolbox неудобен для неспециалиста-информационщика. Для решения этой проблемы была обоснована необходимость разработки собственной автоматизированной системы; для этого поставлены следующие задачи:

- разработка модуля сопряжения среды Delphi со средой MATLAB;
- разработка модуля взаимодействия среды Delphi со средой MATLAB;
- создания автоматизированной системы с функциями, удовлетворяющими как простого пользователя, так и администратора, который используют эти модули.

1. *Модуль сопряжения среды Delphi со средой MATLAB.* Основой модуля сопряжения является класс `MatlabComServer`, который разработан на базе технологии COM (Component Object Model). Суть технологии состоит в применении единого стандарта для организации связи между объектами, которые не зависят от используемой платформы и языка. В Delphi для работы с данной технологией был использован механизм OLE (Objects Linked and Embedded).



Рисунок 9 – Схема работы модуля сопряжения среды Delphi с MATLAB

1 – создание класса `MatlabComServer` процедурой `CreateOleObject` (модуль `COM-объект`);

2 – использование функций класса `MatlabComServer` средой Delphi;

3 – связь класса `MatlabComServer` с приложением Matlab посредством процедуры `CreateOleObject`

Для разработки класса `MatlabComServer` была использована переменная `FMServer`, которая имеет тип данных `Variant`. Тип `Variant` полезен в определенных обстоятельствах, где типы данных и их содержание определяются во время выполнения, а не во времени компиляции. Этот тип данных является гибким и универсальным, потому что он может содержать и структурированные данные, и указатели. С помощью переменной `FMServer` были написаны методы `constructor` и `destructor`, которые создают и удаляют класс. В методе `constructor` переменной `FMServer` с помощью функции `CreateOleObject` была присвоена ссылка на интерфейс `IDispatch`, используемый для связи в данном случае с объектом MATLAB (функция `CreateOleObject` входит в стандартный модуль `ComObj`, этот модуль Delphi использует для работы с технологией COM). В методе `destructor` происходит освобождение переменной `FMServer` от ссылки на интерфейс `IDispatch`, после чего связь с объектом MATLAB пропадает и происходит освобождение оперативной памяти.

Также были разработаны вспомогательные функции и процедуры класса `MatlabComServer`, предназначенные для управления внутренней передачей данных из Matlab в Delphi и обратно (перевод матрицы в число или текст, получение и создание матрицы и т.д.) и выполнения команд в Matlab.

2. *Модуль взаимодействия среды Delphi со средой MATLAB* представляет собой библиотеку функций и процедур, разработанных на основе вспомогательных функций модуля сопряжения среды Delphi со средой Matlab для выполнения операций нечёткого вывода, похожих на те, что используются в пакете `Fuzzy Logic Toolbox`.

Разработанные модули являются основой для реализации автоматизированной системы анализа и моделирования дерева критериев.

3. *Автоматизированная система анализа и моделирования дерева критериев.* Ручной учет изменения НЛП типа «если-то» реализован в виде программного продукта «Автоматизированная система анализа и моделирования дерева критериев». Данный продукт обеспечивает выполнение следующих функций:

- вход в систему в режиме администратора или пользователя;
- запись, удаление и просмотр лингвистических переменных, функций принадлежности и нечетких логических правил;
- просмотр поверхности и графиков, демонстрирующих работу НЛП;
- расчет и сохранение результата в текстовый файл;
- сохранение и загрузка данных из шаблонов, представляющих собой файл с расширением `.fis` (MATLAB), в котором хранятся данные о созданной нечёткой модели управления объектом исследования;

- создание новых шаблонов.

Структура реализованной автоматизированной системы анализа и моделирования дерева критериев (рис. 10) состоит из нескольких взаимосвязанных компонентов:

- интерфейс;
- библиотека функций Matlab (модуль взаимодействия среды Delphi со средой Matlab);
- модуль Matlab (модуль сопряжения среды Delphi со средой Matlab);
- COM-объект;
- Matlab-приложение.

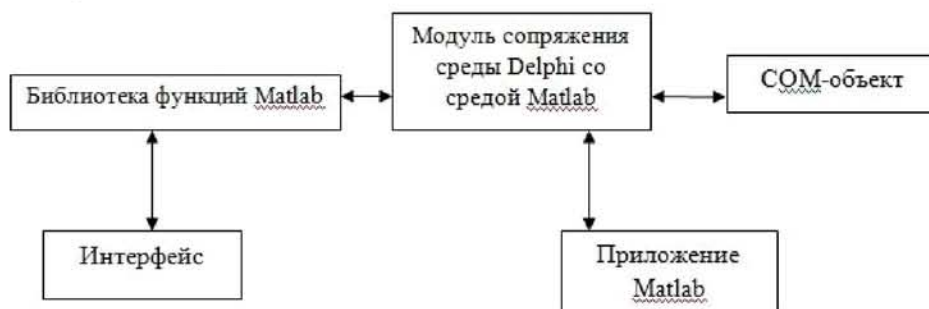


Рисунок 10 – Схема структуры автоматизированной системы анализа и моделирования дерева критериев

Интерфейсный модуль (основной модуль) обеспечивает удобство работы пользователя с программой, не затрагивая при этом специфических особенностей модуля Fuzzy Logic Toolbox, но выполняет вызов необходимых функций из данного модуля, которые содержатся в модуле взаимодействия среды Delphi со средой Matlab. Интерфейс включает в себя привычную для большинства пользователей систему окон, каждое из которых содержит различные элементы управления (кнопки, панели, меню и т.д.), позволяющие улучшить взаимодействие пользователя с системой. Для демонстрации работы различных элементов управления в системе можно рассмотреть пример главного окна приложения в режиме пользователя (рис. 11).

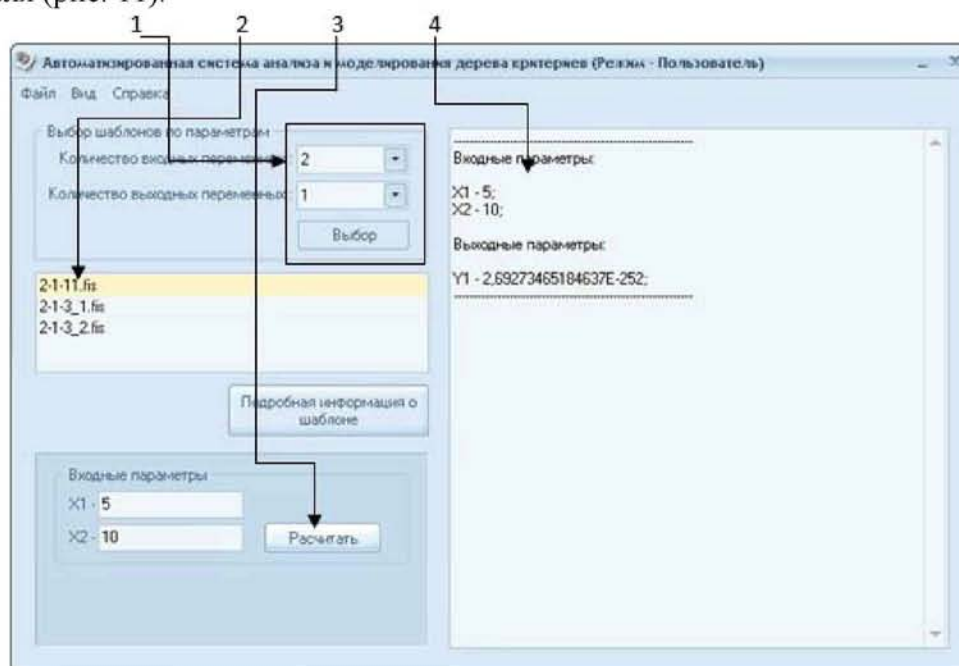


Рисунок 11 – Главное окно приложения в режиме пользователя
 1 – загрузка шаблонов по выбору количества входных/выходных данных; 2 – список выбора шаблона из числа имеющихся; 3 – кнопка расчета результата по вводимым параметрам; 4 – поле вывода результата

Библиотека функций Matlab содержит функции и процедуры, выполняющие операции нечёткого вывода (добавление и просмотр характеристик лингвистических переменных и функций принадлежности, добавление НЛП и т.д.).

Модуль сопряжения среды Delphi со средой Matlab содержит вспомогательные функции и процедуры, управляющие механизмом внутренней передачи данных из Matlab в Delphi и обратно (перевод матрицы в число или текст, получение и создание матрицы и т.д.) и позволяющие выполнять команды в Matlab.

СОМ-объект осуществляет связь модуля сопряжения среды Delphi со средой Matlab с Matlab-приложением.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанная автоматизированная система анализа и моделирования дерева критериев обеспечивает ручной способ реализации ДНБЗ и осуществляет доступ неспециалиста-пользователя к программному комплексу Matlab.

В перспективе планируется разработка методов и алгоритмов, обеспечивающих автоматический учет и адаптацию правил «если-то» (без участия человека).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Симанков В.С., Шпехт И.А. Исследование сложных систем с опорой на неклассические информационные технологии с учетом размытости и неполноты исходной информации // Здоровье населения – основа процветания России: материалы V Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Анапа: изд-е филиала РГСУ, 2011. – С. 299-302.
2. Симанков В.С. Автоматизация системных исследований: монография (научное издание). – К.: КубГТУ, 2002. – 376 с.
3. Шпехт И.А., Симанков В.С., Саакян Р.Р. Технология экспертно-классификационного анализа и моделирования целей сложных систем с опорой на процедуры методологии ASSA // Информатика и системы управления, 2011. – № 2. – С. 140-150.
4. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. – М.: «Мир», 1976. – 165 с.

Шпехт Ирина Александровна

Кубанский государственный технологический университет, г. Краснодар
Кандидат технических наук, доцент, докторант кафедры
компьютерных технологий и информационной безопасности
Тел.: 8 918 994 43 55
E-mail: shpekht@mail.ru

Самсонов Антон Юрьевич

Филиал Российского Государственного социального института, г. Анапа
Аспирант кафедры моделирования информационных систем и сетей
Тел.: 8 918 959 70 72
E-mail: uadisanapa@yandex.ru

I.A. SHPEKHT (Candidate of Engineering Sciences, senior lecturer, doctoral candidate of the department of computer technologies and information security)

Kuban State University of Technology

A.Yu. SAMSONOV (The post-graduate student of the department of modeling of information systems and networks)

Branch of the Russian State social institute, Anapa

**DEVELOPMENT OF THE INFORMATION SISTEM
OF DECISIONS WITH VARIABLE REAL-TIME RULES
BASED ON THE DYNAMIC FUZZY KNOWLEDGE BASE**

This article discusses the development of information systems decision-making based on dynamic fuzzy knowledge base, which is part of a module technology expert-classification analysis and modeling methodology, «Automation of the stages of system analysis».

Keywords: *system analysis; difficult system; tree of the purposes; the dynamic knowledge base; dynamic indistinct logic rule; logic sheaf.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Simankov V.S., Shpext I.A. Issledovanie slozhny'x sistem s oporoj na neklassicheskie informacionny'e tehnologii s uchyotom razmy'tosti i nepolnoty' ishodnoj informacii // Zdorov'e naseleniya – osnova procvetaniya Rossii: materialy' V Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii s mezhdunarodny'm uchastiem. – Anapa: izd-e filiala RGSU, 2011. – S. 299-302.
2. Simankov V.C. Avtomatizaciya sistemny'x issledovanij: monografiya (nauchnoe izdanie). – K.: KebGTU, 2002. – 376 s.
3. Shpext I.A., Simankov V.S., Saakyan R.R. Texnologiya e'kspertno-klassifikacionnogo analiza i modelirovaniya celej slozhny'x sistem s oporoj na procedury' metodologii ASSA // Informatika i sistemy' upravleniya, 2011. –№ 2. – S. 140-150.
4. Zade L. Ponyatie lingvisticheskoj peremennoj i ego primenenie k prinyatiyu priblizhyonny'x reshenij. – M.: «Mir», 1976. – 165 s.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ
И ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

УДК 004.896

О.П. АРХИПОВ, О.А. ИВАЩУК, И.С. КОНСТАНТИНОВ, О.А. САВИНА

ПУТИ СОЗДАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ
УПРАВЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫМ «УМНЫМ ГОРОДОМ»

В статье проведен анализ существующих подходов к построению элементов «умного города». Показано, что ключевым условием функционирования «умного города» является повсеместное использование электронных услуг населению, которые в полной мере обеспечивают высокое качество жизни и благоприятные условия для инноваций и ведения бизнеса. Предложены подходы к построению автоматизированной системы управления «умным городом», обеспечивающей создание инновационного пространства с наиболее рациональным использованием и развитием интеллектуальных, производственных и природно-энергетических ресурсов.

Ключевые слова: инновационный «умный город»; автоматизированная система управления; электронные услуги населению.

ВВЕДЕНИЕ

Идеология «умный город» («Smart City») была создана с целью обеспечения реальных благоприятных условий для устойчивого социально-экономического развития городов, самодостаточности их социокультурного пространства, инноваций, инвестиций, привлечения и сохранения кадрового потенциала. Это достигается путем гибкого и эффективного управления всеми функциями города на основе современных технологий, особое место среди которых занимают информационные технологии, являющиеся фундаментом, связывающим и охватывающим всю сложную организационно-техническую систему, называемую «умный город».

В последнее время достигнуты необходимые условия для практической реализации идеологии «умного города»: значительно развита сфера информационных и телекоммуникационных технологий, существенно возросла мощность компьютеров и вычислительных сетей, имеется мощный инструментарий построения развитых баз данных, разработаны эффективные методы построения интеллектуальных систем принятия решений.

Основное направление реализованных на настоящий момент фрагментов «умного города» – построение и внедрение интеллектуальных частных инженерных систем. Сегодня спектр интеллектуального управления функциями города расширяется: «умные» благоустроенные общественные зоны, сфера образования, здравоохранения, сфера реализации государственных услуг. Однако все созданное на настоящий момент – это не «умный город», а его точечные фрагменты. Наиболее привлекательным объектом для комплексной и эффективной реализации идеи «умного» является тот город, который создается с нуля. Его «умную» инфраструктуру не надо будет встраивать в уже существующий городской комплекс, можно будет широко применять новейшие технологии, учитывая при этом цели и задачи, ради которых, собственно, и создаётся новый город.

Следует сделать акцент на то, что для реального вовлечения инвестиций, инноваций и талантливых людей из различных сфер экономики и науки необходимо, чтобы «умный город» не просто отвечал современным требованиям использования природных и энергетических ресурсов, экологическим стандартам, благоустройства и безопасности его территории. Он должен обеспечивать максимально благоприятный климат для развития человека (его интеллекта, творчества, культурного уровня и т.д.), возможность комфортной эффективной работы, минимальные временные и людские затраты на получение услуг любого вида, что, в свою очередь, выведет экономику города и страны в целом на принципиально новый уровень развития. Таким образом, необходимо не только внедрение инноваций при строительстве «умного города», организации его жизнеобеспечения, образования и создания новых рабочих мест, но и обеспечение инновационного подхода при организации использования интеллектуального ресурса города.

Вышесказанное определяет, что «умный город» должен обеспечивать максимально высокий уровень качества жизни проживающих и работающих в нем людей. Это связано с обеспечением возможности максимально эффективного доступа физических и юридических лиц, индивидуальных предпринимателей, жителей города и его гостей, граждан страны и иностранных граждан к любому виду информации и услугам, которые оказываются как государственными структурами, так и организациями всех форм собственности из различных областей народного хозяйства, индивидуальными предпринимателями [1-3]. Для решения поставленной задачи необходимо использование самых современных средств, инструментов и методов информационных технологий, требуется разработка интеллектуальной автоматизированной системы-посредника – автоматизированной системы управления инновационным «умным городом» (АСУ ИУГ).

КРАТКИЙ АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ФОРМИРОВАНИЯ ПОНЯТИЯ «УМНЫЙ ГОРОД»

В настоящее время в городах России для обеспечения эффективной социальной инфраструктуры и промышленного развития с возможностью создания своей внутренней экономики органы местного самоуправления, государственной власти и бизнес вкладывают значительные средства в реконструкцию электрических и тепловых сетей, ремонт дорог, экологизацию производственных объектов, строительство и развитие жилых, коммерческих, торговых и развлекательных комплексов и т.д.

Однако в целом не удается достичь принципиального изменения качества жизни людей, что связано с неприспособленностью существующей городской системы, созданной на основе идеологии «люди для предприятий», «люди для города».

Пилотные проекты по использованию интеллектуальных сетей управления городом появились в США, Китае, Европе. Следует отметить, что их основное направление – это создание и внедрение новых технологий, позволяющих рационально использовать источники энергии и минимизировать воздействие на окружающую среду. К ним относятся новые решения в сфере электроэнергетики, водоснабжения, учёта энергетических ресурсов, утилизации отходов, а также создание более эффективной транспортной системы и так называемых «умных зданий». Появились «умные» инженерные инфраструктуры, которые включают в себя системы, позволяющие контролировать в реальном времени работу всех узлов сети, получать информацию о фактическом потреблении ресурсов в каждом ее узле и в конечном итоге оптимизировать потребление: равномернее распределять нагрузку во времени, разгружать «пиковые периоды» и догружать периоды с минимальной нагрузкой. При этом создается интеллектуальная сеть – автоматически балансирующая и самоконтролирующая система, которая способна принимать энергию и преобразовывать её при минимальном участии людей.

Одним из основных проектов «Smart City», реализующих строительство принципиально нового города, является возведение в пустыне «Masdar city». «Masdar» в переводе с арабского языка – «источник, ключ». Этот город – центр исследований и разработки технологий новейшей энергетики. Он планируется как первый город с нулевым выбросом углекислого газа, без отходов, с экологичным транспортом, с «умным» ландшафтным дизайном, благоустроенными общественными зонами, применением Зеленых стандартов, новейшими технологиями возобновляемой энергетики, развитой социальной, деловой и культурной инфраструктурой, с экологически чистыми продуктами в «умных» магазинах. Мы считаем, что ключевым условием функционирования «умного города» является повсеместное использование электронных услуг, оказывающихся населению, которые в полной мере обеспечивают высокое качество жизни населения и благоприятные условия для инноваций и ведения бизнеса. При этом следует отметить, что в тех странах и регионах, где объявлено о возможности реализации электронных услуг населению, это, во-первых, только те услуги, которые входят в обязательные перечни государственных и муниципальных услуг, которые не охватывают широкий спектр услуг, необходимых населению в повседневной жизни. Во-вторых, функция взаимодействия органов управления и пользователей реализована существенно слабее, чем информационно-справочная. Кроме

того, не сведены в единую сеть информационные ресурсы различных органов и уровней власти и управления. Возможность получения услуг и информации проживающим и работающим в «умном городе» населением, а также бизнесом «умного города» должна охватывать сферы, представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Сферы получения услуг и информации проживающим и работающим в «умном городе» населением

Сферы получения услуг и информации	Виды услуг
<i>Социально-правовая</i>	<ul style="list-style-type: none"> – оформление документов гражданства, регистрации, виз; – юридические услуги различного вида (адвокатские услуги, легализация документов, нотариальные услуги, патентное право, регистрация актов гражданского состояния, юридическая помощь широкого спектра); налоги; – семейные отношения; социальная поддержка (пенсионное обеспечение; социальные льготы для населения, субсидии и пособия, возможность улучшения жилищных условий, подача жалоб и т.п.); – функции трудоустройства и профессиональной ориентации граждан, урегулирования трудовых споров.
<i>Недвижимость</i>	<ul style="list-style-type: none"> – операции с недвижимостью и имуществом различного вида; земельные отношения; выдача разрешений, лицензирование; – государственное имущество.
<i>Взаимодействие государственных органов, бизнеса и населения</i>	<ul style="list-style-type: none"> – взаимодействие физических лиц и бизнес-структур с государственными учреждениями; взаимодействие физических лиц с бизнесом и бизнес-структур между собой; защита прав и свобод населения и бизнеса; – предпринимательская деятельность; – международные отношения; – безопасность и охрана правопорядка.
<i>Природопользование и экология</i>	<ul style="list-style-type: none"> – выдача разрешений, заключений, квот и т.д.; лицензирование, страхование, экспертиза; – использование природных ресурсов; мониторинг и охрана окружающей среды; обращения, жалобы и предложения; – предоставление территорий, акваторий, воздушного пространства.
<i>Социокультурное пространство</i>	<ul style="list-style-type: none"> – культура и искусство; образование и наука; – туризм и отдых; спорт и физическая культура; – досуг; знакомство и общение; – проблемы детства и материнства; – реклама; средства массовой информации.
<i>Здравоохранение и медицина</i>	<ul style="list-style-type: none"> – ведение реестров, регистров, предоставление сведений; высокотехнологичная медицинская помощь; – изделия медицинского назначения; лекарственные средства; фармацевтическая деятельность; – контроль и надзор; лицензирование, сертификация, выдача заключений; медико-социальная экспертиза; подача обращений, жалоб и предложений; – потеря трудоспособности.
<i>Финансы</i>	<ul style="list-style-type: none"> – банковская деятельность; ведение реестров, регистров, предоставление сведений; инвестиционная деятельность; бюджет; финансовые рынки; – ценные бумаги, акции; цены (тарифы) на товары и услуги.
<i>Экономика и жизнеобеспечение</i>	<ul style="list-style-type: none"> – жилищно-коммунальное хозяйство; – транспорт и дорожное хозяйство; – таможенное дело; – промышленное производство; строительство и ремонт; – торговля; – энергообеспечение, потребление и расходование природных ресурсов; – экспорт и импорт; внешнеэкономическая деятельность; – геодезия и гидрометеорология.

Крайне актуальным для эффективной реализации всех функций «умного города» является создание, внедрение и обеспечение эффективного сопровождения особого бизнеса – бизнеса, который, используя передовые информационные и телекоммуникационные технологии, обеспечит широкомасштабный выход на рынок услуг профессиональных ресурсов их поставщиков и расширит спектр и повысит качество услуг, предоставляемых потребителям. Соответственно, необходимо создание развитой и адекватной инфраструктуры этого бизнеса, что требует активного вовлечения интеллектуального ресурса страны и международного рынка, прежде всего, молодых специалистов, обладающих необходимыми знаниями и навыками в области управления, юриспруденции, экономики, современных информационных и телекоммуникационных технологий. Это позволит реализовать на практике принципиально новый подход – «город для людей».

Следует отметить тот факт, что спектр услуг, необходимых населению «умного города», будет постоянно расширяться, а его структура – изменяться, таким образом, одной из важнейших функций бизнеса предоставления электронных услуг будет являться обеспечение возможности оперативного и эффективного конструирования и реализации новых услуг. Это связано с созданием и организацией практического функционирования автоматизированной системы управления (создания, сопровождения и реализации) электронными услугами населению «умного города» как важнейшей составляющей интеллектуальной сети управления «умным городом». Она включает управление заказами, процессами взаимодействия объектов и субъектов предоставления услуг, согласование действий всех участников процесса, управление базами и банками данных, сопровождение, мониторинг за ходом реализации услуги, генерирование новых услуг и т.д.

Как видно из представленного выше далеко не полного функционального перечня, наделение АСУ ИУГ только функциями рационального потребления и использования материальных и энергетических ресурсов с минимизацией воздействия на окружающую среду является недостаточным. Это лишь часть задач системы. Только при обеспечении интегрированного интеллектуального автоматизированного управления всеми вышеуказанными направлениями появляется возможность обеспечения высокого качества жизни населения «умного города», внедрения инновационных технологий, интеграции с бизнесом других регионов и стран, высокой результативности функционирования локальной экономики города, всех бизнес-структур города, их глубокое проникновение во все сферы жизнедеятельности.

Итак, основной целью АСУ ИУГ является обеспечение эффективного согласованного функционирования совокупности технологических, организационно-технических и социально-экономических комплексов для создания инновационного пространства с наиболее рациональным использованием и развитием интеллектуальных, производственных и природно-энергетических ресурсов.

БАЗОВЫЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ АСУ ИУГ И МЕХАНИЗМЫ ИХ РЕАЛИЗАЦИИ

Основные принципы построения и обеспечения эффективного функционирования АСУ ИУГ можно разделить на четыре группы:

I. Экономико-управленческие: принцип бюджетирования, ориентированного на конкретные конечные результаты; принцип научной обоснованности принимаемых управленческих решений; принцип развития и интеграции систем управления финансами и ресурсами, учета и отчетности; принцип согласованности и целостности управляющих воздействий; принцип обеспечения честности и этики бизнеса.

II. Социальные: принцип приоритетности обеспечения высокого качества жизни населения «умного города», его безопасности перед другими социально-экономическими и производственными задачами; принцип демократизма, который нацелен на обеспечение широкого участия городского населения в принятии решений муниципального значения; принцип приоритетности раскрытия и развития способностей и талантов людей; принцип гарантированности работы, приносящей моральное и материальное удовлетворение.

III. Организационно-технические: принцип единства стратегического планирования и тактического управления экономикой и социальной сферой; принцип постоянного совершенствования системы, модернизации механизмов и технологий управления; принцип недопустимости зон безответственности; принцип адаптивности и мобильности; принцип

своевременной реакции на изменения в окружающей среде; принцип лояльности к новым идеям и технологиям.

IV. Экологические: обеспечение экологической безопасности нынешнего и будущих поколений жителей инновационного «умного города»; принцип единения города и окружающей природы; использование наилучших из существующих технологий (с учетом экономических и социальных факторов) для обеспечения снижения негативного воздействия на окружающую среду.

В основе реализации экономико-управленческих принципов лежит совершенствование и развитие механизмов финансирования на базе инновационно-инвестиционного фонда. Это обеспечивает рациональное сочетание административных и нормативно-правовых методов управления городом с экономической свободой и частно-государственной поддержкой бизнеса.

Реализация социальных принципов основана на электронных интерактивных средствах обмена информацией, социальных опросах населения, выявлении тенденций общественного сознания и т.д.

Основой реализации организационно-технических принципов является создание единого информационно-технологического пространства (единой информационной среды с «личным кабинетом», системы общественного доступа к электронным ресурсам, развитой системы коммуникаций и т.д.). При этом активно используются инновационные механизмы интеграции баз данных на основе единых форматов и технологий обработки информации, механизмы, реализуемые специализированными операторскими центрами в единой сети передачи данных. Развитие информационного обеспечения управления «умным городом» должно осуществляться за счет создания единой информационной среды и аналитических информационных систем для поддержки управления развитием и регулирования процессов жизнеобеспечения.

Реализация экологических принципов включает в себя развитие нормативно-правовой базы, экономический и финансовый механизмы, систему экологического мониторинга и контроля, а также проведения научных исследований в целях более глубокого понимания экологических проблем и поиска путей их решения, формирования общественного экологического сознания.

УКРУПНЕННАЯ СТРУКТУРА АСУ ИУГ

На основе проведенного анализа для достижения цели, поставленной перед АСУ инновационным «умным городом», реализации принципов ее функционирования предлагается структура системы (рис. 1).

Объект управления – инновационный «умный город». Его состояние и соответствие требуемому уровню характеризуется показателями, относящимися к следующим основным группам факторов: качество жизни населения города; организация и развитие бизнеса услуг населению города; инновационная привлекательность, т.е. привлекательность среды обитания и развития бизнеса для граждан страны из других регионов, иностранных граждан, а также для зарубежных и национальных компаний, что связано с привлечением в город талантливых людей, инвестиций, инноваций; целевое инновационное производство – группа показателей, характеризующих состояние дел и результаты в области достижения цели, ради которой был создан «умный город».

Управляющая система АСУ ИУГ включает в себя объекты и субъекты системы управления городом, принимающие управленческие решения. Это муниципальные органы власти: администрация города, Дума, аппарат управления муниципальными объектами жизнеобеспечения, советы фондов и др. Принятие решений по управлению инновационным «умным городом» в значительной степени определяется уровнем экономического, научно-технического и социального развития государства (а также конкретной рассматриваемой территории), что формирует социально-экономические и политические приоритеты общества на рассматриваемой территории. Управленческие решения опираются на

действующую в стране законодательную и нормативную базу: Конституцию, Федеральное законодательство, Федеральные целевые программы, доктрины, на систему государственных стандартов, строительных норм и правил, систему отраслевых стандартов, а также на законодательные и нормативные правовые акты, учитывающие специфику конкретного региона.

Объекты и субъекты управляющей системы имеют различные механизмы управления городом и его основными функциями. Эти механизмы реализуются исполнительной системой АСУ ИУГ и делятся на несколько основных групп.

- к первой группе относятся *финансово-экономические механизмы*, при реализации которых используются финансовые потоки, а также создаются материальные стимулы в выполнении принятых решений.

- вторая группа объединяет *социальные механизмы*, к которым относятся различные формы воспитания, пропаганды, преподавания и формирования знаний и культуры. Также к этим методам относятся переподготовка и повышение квалификации руководителей и специалистов.

- к третьей группе относятся *организационно-технические механизмы*, при реализации которых используются, постоянно совершенствуются и адаптируются к реальным условиям современные технические решения, а также способы административного воздействия. В частности, к этим механизмам относятся применение технических регламентов, стандартизация, сертификация, лицензирование, экспертиза и др.

- к четвертой группе относятся *механизмы реализации экологических принципов*, которые позволяют обеспечить сегодняшнюю и будущую экологическую безопасность жителей инновационного «умного города».

Максимальная эффективность реализации управленческих решений может быть достигнута при совместном грамотном и научно обоснованном использовании всех механизмов.

Исполнительная система оказывает на объект управления АСУ конкретные управляющие воздействия: организационно-правовые, архитектурно-планировочные, конструкторско-технические, эксплуатационные и др.

Для выбора и проведения конкретных мероприятий, рациональных как с социально-экономической, производственной, так и с экологической точки зрения, управляющая система должна иметь, во-первых, достоверную информацию о текущем состоянии объекта управления, во-вторых, достаточно полное множество альтернативных сценариев управления, сформированных на основании финансовых, производственных, социальных и экологических прогнозов. Эти задачи решаются на уровне специализированных подсистем АСУ ИУГ: системы мониторинга и интеллектуальной системы поддержки принятия решений.

Система мониторинга является адаптивной и объединяет следующие компоненты: блок сбора информации, в котором собираются значения показателей текущего состояния инновационного «умного города» и фиксируются параметры внешних воздействий; блок предварительной обработки показателей состояния, в котором осуществляется предварительная обработка и оценка показателей текущего состояния города, сформированного в результате совокупного влияния внешней среды и управленческих воздействий.

Интеллектуальная система поддержки принятия решений (ИСППР) производит переработку информации, полученной от системы мониторинга и других подсистем АСУ ИУГ в форму, пригодную для принятия управленческих решений, осуществляет ее хранение и предоставление в удобном и наглядном виде в управляющую систему. В данной подсистеме формируются сигналы, являющиеся управляющими для других подсистем АСУ ИУГ. Это необходимо для обеспечения формирования управления, адекватного текущим изменениям в объекте управления и внешней среде.

Жирные сплошные линии на схеме (рис. 1) – управляющие решения, передаваемые исполнительной системе, и управляющие воздействия на объект управления. Простые сплошные линии – информационные потоки измеряемых параметров объекта управления, а также потоки, поступающие для управления подсистемами внутри самой АСУ ИУГ. Штриховые линии – внешние воздействия.

Рассмотрим кратко работу основного контура управления АСУ ИУГ. Информация о текущем состоянии города и всех показателях этого состояния в соответствии с принятой на текущий момент моделью сбора информации поступает в систему мониторинга, где она преобразовывается, проводится ее предварительный анализ, результаты которого поступают в управляющую систему и ИСППР, где формируются прогнозы и возможные альтернативные сценарии управления. На основе информации от ИСППР управляющая система формирует научно обоснованные управленческие решения, которые поступают к исполнительной системе для реализации конкретных мероприятий.

Информационные сигналы обратной связи, направленные от управляющей системы в ИСППР – результаты выбора для практической реализации конкретных сценариев управления, требования к изменению моделей и корректировки других составляющих АСУ ИУГ. В ходе работы ИСППР формирует необходимые модели оценки и корректировки для адаптации системы мониторинга к конкретным условиям и рекомендации для управляющей системы по повышению эффективности исполнительной системы.

Отличительной особенностью предложенной структуры АСУ ИУГ инновационным «умным городом» являются ее внутренние контуры управления, в каждом из которых субъектом управления выступает ИСППР.

Именно эти контуры обеспечивают реализацию управления городом, адаптивного динамике его структуры, а также его социально-экономическим, производственным и природно-экологическим параметрам. Кроме этого, благодаря введению внутренних контуров управления АСУ ИУГ является самонастраиваемой системой, способной к адаптивному изменению своей структуры и параметров.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе комплексного анализ существующих решений по реализации фрагментов «умного города» предложен новый подход к концепции АСУ инновационного «умного города». Сформулирована цель создания АСУ инновационным «умным городом», определены основные принципы построения и механизмы реализации данной АСУ.

Определены основные группы показателей для стратегического планирования и управления жизнедеятельностью инновационного «умного города» и предложена укрупнённая структура АСУ инновационного «умного города».

Полученные результаты позволяют разработать научно обоснованную концепцию создания инновационного «умного города» и интеллектуальной автоматизированной системы управления его функциями.

Кроме того, комплексный, системный подход предложенный в настоящей работе позволит избежать неэффективных затрат, провести разработку в осмысленные сроки и, в совокупности с другими проектами по реализации «умного города», создать точки роста инновационной индустрии страны.

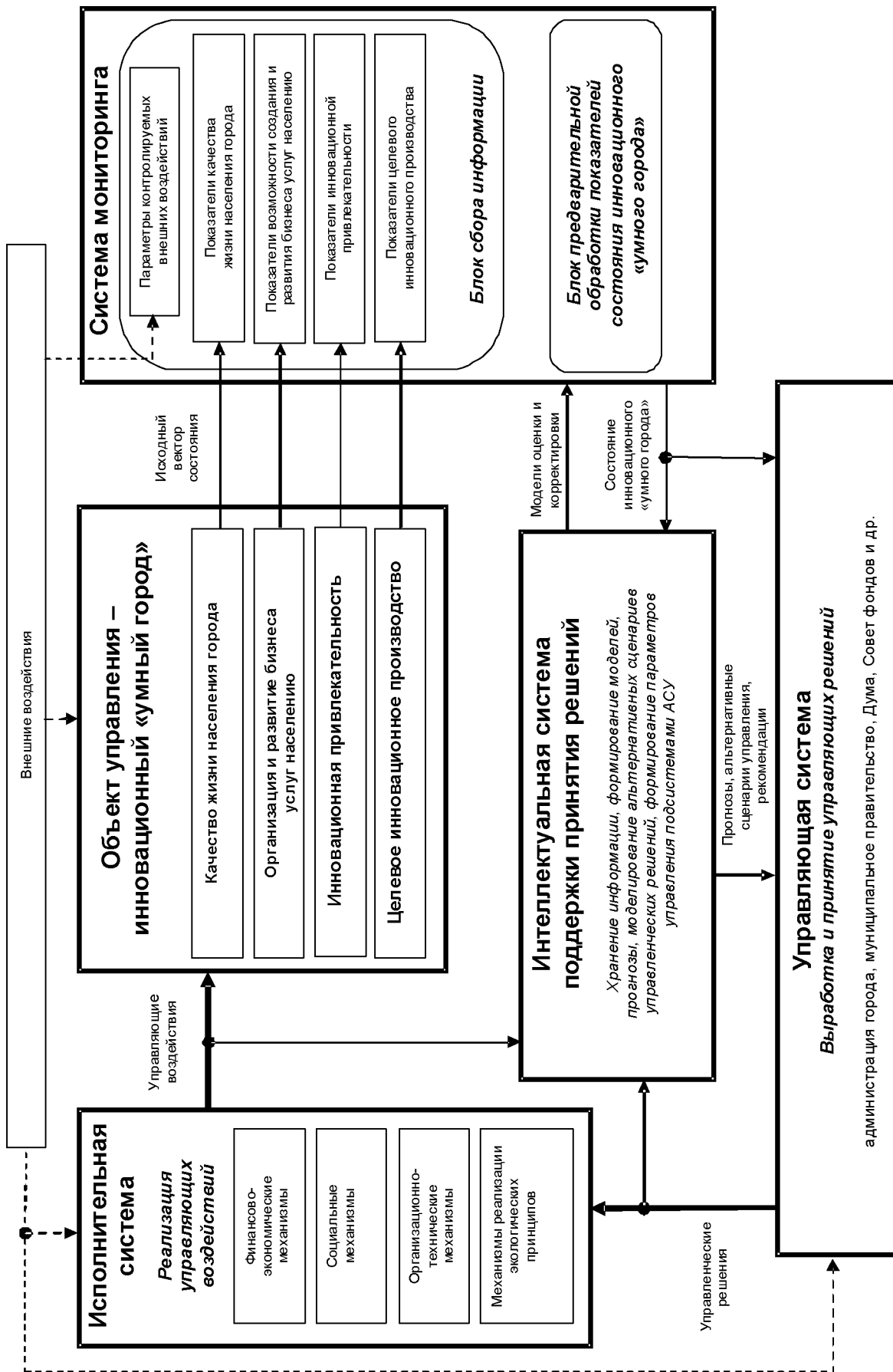


Рисунок 1 – Укрупненная схема ИСУ ИУГ

ВНЕШНЯЯ СРЕДА

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Константинов И.С. Концепция «Создание, сопровождение и реализация электронных услуг населению» / И.С. Константинов, А.В. Коськин, О.П. Архипов, О.А. Иващук, В.Н. Волков. – Орел: Информ. аг-во «Стерх», 2010. – 16 с.
2. Архипов О.П. Создание бизнеса предоставления электронных услуг населению как одно из ключевых направлений инновационного развития России / О.П. Архипов, О.А. Иващук, И.С. Константинов, А.В. Коськин, О.А. Савина // Информационные системы и технологии, 2011. – № 4(66). – С. 83-89.
3. Архипов О.П. Рынок электронных услуг населению в России: проблемы и перспективы / О.П. Архипов, О.А. Иващук, И.С. Константинов, А.В. Коськин, О.А. Савина // Информационные ресурсы России. – М: ФГБУ «РЭА» Минэнерго России, 2011. – № 4(122). – С. 2-5.
4. Константинов И.С., Иващук О.А. Инструментальные средства организации и сопровождения электронных услуг населению // Материалы международной конференции «Информационные технологии». – Кишинев: ИТМиИ АН Молдовы, 2011. – С. 42-53.

Архипов Олег Петрович

Филиал Института проблем информатики РАН, г. Орел
Кандидат технических наук, директор института
E-mail: ofran@orel.ru

Иващук Ольга Александровна

ФГБОУ ВПО «Орловский государственный аграрный университет»
Доктор технических наук, декан факультета гуманитарных и естественнонаучных дисциплин
E-mail: ivascuk@orel.ru

Константинов Игорь Сергеевич

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК»
Учебно-научно-исследовательский институт информационных технологий, г. Орел
Доктор технических наук, профессор кафедры информационных систем
E-mail: konstantinov@ostu.ru

Савина Ольга Александровна

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК»,
Учебно-научно-исследовательский институт информационных технологий, г. Орел
Доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры информационных систем
Тел.: 8 (4862) 76-19-10

O.P. ARKHIPOV (*Candidate of Engineering Sciences, Director of branch of the Institute of informatics problems, Orel*)

O.A. IVASCHUK (*Doctor of Engineering Sciences, The dean of faculty of humanitarian and natural-science disciplines), Orel State agrarian university*

I.S. KONSTANTINOV (*Doctor of Engineering Sciences, Professor*)

O.A. SAVINA (*Doctor of Economic Sciences, Professor*)
State University – ESPC, Orel

**WAYS OF CREATION OF THE AUTOMATED CONTROL SYSTEM
BY INNOVATIVE «SMART CITY»**

In article the analysis of existing approaches to construction of elements of «Smart City» is carried out. It is shown that a main condition of functioning of «Smart City» is use of electronic services to the population which to the full provide high quality of population life and favorable conditions for innovations and business dealing. Approaches to construction of the automated control system by «Smart City» are offered. This system will provide creations of innovative space with the most rational use and development intellectual, industrial, natural and power resources.

Keywords: *innovative «Smart City»; the automated control system; electronic services to the population.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Konstantinov I.S. Koncepciya «Sozdanie, soprovozhdenie i realizaciya e'lektronny'x uslug naseleniyu» / I.S. Konstantinov, A.V. Kos'kin, O.P. Arxipov, O.A. Ivashhuk, V.N. Volkov. – Oryol: Inform. ag-vo «Sterx», 2010. – 16 s.
2. Arxipov O.P. Sozdanie biznesa predostavleniya e'lektronny'x uslug naseleniyu kak odno iz klyuchevy'x napravlenij innovacionnogo razvitiya Rossii / O.P. Arxipov, O.A. Ivashhuk, I.S. Konstantinov, A.V. Kos'kin, O.A. Savina // Informacionny'e sistemy' i texnologii, 2011. – № 4(66). – S. 83-89.
3. Arxipov O.P. Ry'nok e'lektronny'x uslug naseleniyu v Rossii: problemy' i perspektivy' / O.P. Arxipov, O.A. Ivashhuk, I.S. Konstantinov, A.V. Kos'kin, O.A. Savina // Informacionny'e resursy' Rossii. – M.: FGBU «RE'A» Mine'nergo Rossii, 2011. – № 4(122). – S. 2-5.
4. Konstantinov I.S., Ivashhuk O.A. Instrumental'ny'e sredstva organizacii i soprovozhdeniya e'lektronny'x uslug naseleniyu // Materialy' mezhdunarodnoj konferencii «Informacionny'e texnologii». – Kishinyov: ITMil AN Moldovy', 2011. – S. 42-53.

УДК 330.4.

Я. БАНАСИКОВСКА

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ КАЧЕСТВА И КОНЦЕПЦИЯ СТАНДАРТИЗАЦИИ ПОСТРОЕНИЯ ИНТЕРНЕТ-САЙТОВ УЧРЕЖДЕНИЙ, ПРЕДОСТАВЛЯЮЩИХ ГОСУДАРСТВЕННЫЕ УСЛУГИ В ПОЛЬШЕ

В статье проведен анализ полученных результатов испытаний качества интернет-сайтов повятовых городов силезского воеводства. Предложена концепция стандартизации строения интернет-сайтов, адаптированных для реализации услуг электронной администрации, которая позволит снизить затраты на реализацию сайтов, предоставит их легкое использование и постоянную актуализацию их контента.

Ключевые слова: электронное правительство; электронные услуги; построение сайта; тестирование качества сайтов; критерии оценки; структура сайта.

ВВЕДЕНИЕ

В литературе многие авторы обращают внимание на принципы и методологию построения сайтов [2, 9, 10, 11], их содержание и эстетику; можно найти интересную информацию о сайтах для коммерческих организаций, предприятий избранных секторов, учреждений; авторы также представляют разные методики тестирования качества сайтов [1, 3, 4, 5, 6, 7, 8].

Эта статья касается специфики электронного правительства, где уже на законодательном уровне изложены определенные требования к сайтам государственной администрации, предоставляемым электронные услуги для физических и юридических лиц. При исследовании качества сайтов повятовых городов Силезского воеводства были применены критерии оценки, ориентированные на исследование присутствия данных элементов в структуре сайта, которые предоставляют легкую навигацию, поиск нужной информации и адаптацию сайта для оказания удаленных государственных услуг.

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОВЕДЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ КАЧЕСТВА И КОНЦЕПЦИЯ СТАНДАРТИЗАЦИИ СТРОЕНИЯ ИНТЕРНЕТ-САЙТОВ УЧРЕЖДЕНИЙ, ПРЕДОСТАВЛЯЮЩИХ ГОСУДАРСТВЕННЫЕ УСЛУГИ

Исследования качества сайтов повятовых городов Силезского воеводства были проведены на основе разработанных критериев оценки. Уровень достижения критерия в тестированном сайте определялся в баллах, а общая сумма баллов всех критериев позволила оценить качество данного сайта, его дружелюбность, удобство для потребителя и пригодность для внедрения услуг электронного правительства.

Исследования показали, что внешний вид сайта определяется в основном его разработчиком. До сих пор нет разработанных и рекомендованных для использования общих рамок требований по структуре административного сайта, соответствующей навигации, позволяющей пользователям свободно перемещаться по сайту и искать необходимую информацию. Хорошей структурой и удобным расположением элементов на главной странице сайт должен побуждать пользователей к использованию электронных услуг. В таблице 1 и на рисунке 1 приведены оценки исследуемых сайтов всех повятовых городов Силезского воеводства.

Таблица 1 – Оценки качества интернет-сайтов повятовых городов Силезского воеводства

Название города	Уровень качества в %
1	2
Бельско-Бяла	75
Бытом	72
Хожув	65

Продолжение таблицы 2

1	2
Ченстохова	84
Даброва Гурнича	75
Гливице	88
Ястшебе-Здруй	79
Явожно	68
Катовице	72
Мысловице	47
Пекары Силезкие	65
Руда Силезкия	63
Рыбник	90
Семяновице Силезкие	68
Сосновец	81
Свентохловице	52
Тыхы	81
Забже	72
Жоры	63

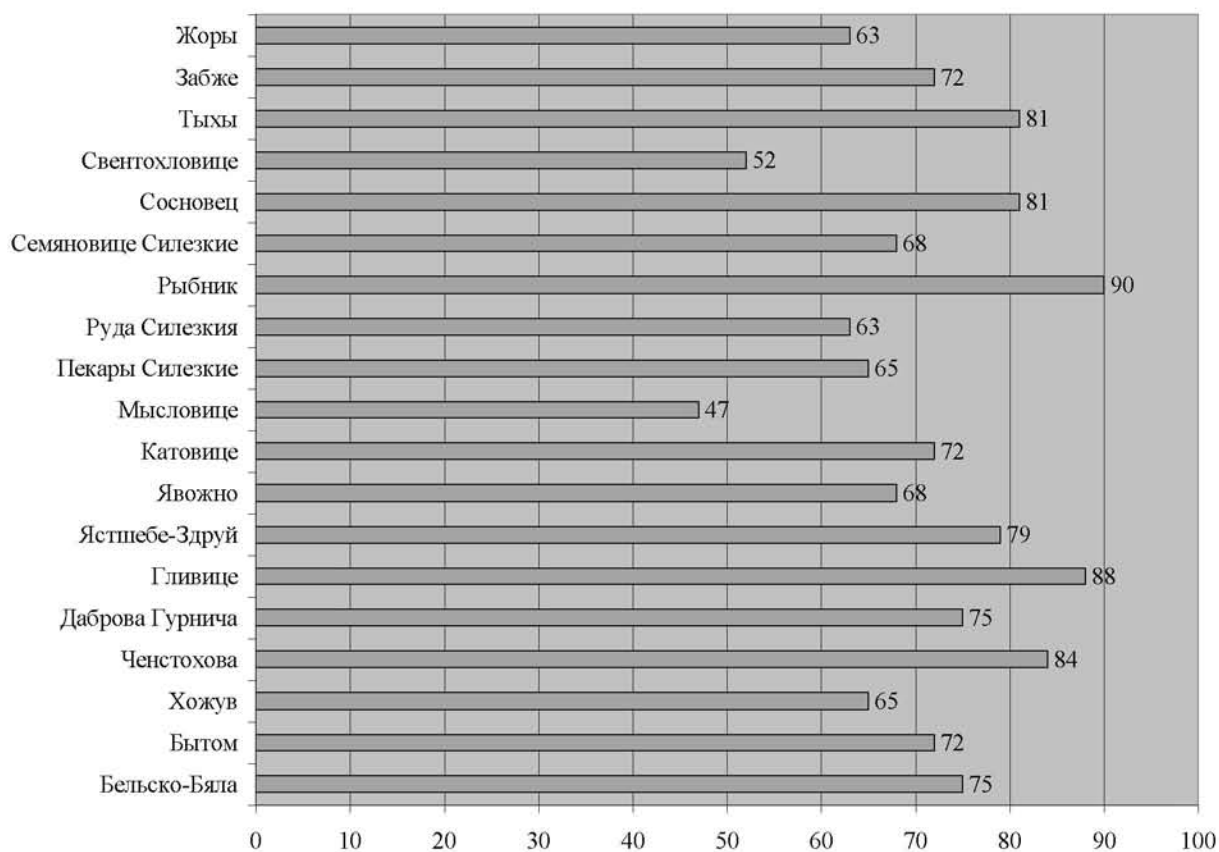


Рисунок 1 – Процентная оценка качества интернет-сайтов повятовых городов Силезского воеводства

После обзора результатов исследований следует отметить, что самый лучший результат достигнут сайтом городского учреждения Рыбник, который получил 40 баллов из 44 возможных, то есть 90%. Города Гливице, Ченстохова, Сосновец и Тыхы получили выше 80%, в диапазоне от 60% до 80% находятся города Ястшебе-Здруй, Бельско-Бяла, Даброва Гурнича, Бытом, Катовице,

Явожно, Хожув, Пекары Силезские, Руда Силезская, Жоры; самую низкую оценку получили города Мысловице и Свентохловице.

В таблице 2 и на рисунке 2 приведены средние оценки реализации, этими сайтами, перечня критериев.

Таблица 2 – Средняя оценка реализации критериев на интернет-сайтах повятовых городов Силезского воеводства

Род критерия	Средняя в %
Описание	84
Контакт	77
Структура и внешний вид сайта	81
Эстетика	74
Навигация	83
Полезность	88
Дела	44
Новости	100
Тендеры, государственные закупки	89
Инвесторы	58
Административная структура	90
Туризм	89
Дружелюбие	58
Общие критерии оценки	59

Особенно важным для осуществления электронных услуг является критерий «Дела», который касается существования на сайте каталога услуг, осуществляемых в данном учреждении, с подробным описанием реализации отдельных услуг: форма, необходимые документы, сбор, место оформления, возможность проверки состояния осуществления и т.д.

Критерий «Дела» оценен очень низко. Это указывает на то, что заинтересованные лица независимо от способа разрешения дела (е-услуга или традиционный способ) должны лично обратиться в офис, чтобы узнать порядок его урегулирования. Низко было оценено «Дружелюбие»: этот критерий включает в себя обслуживание людей с ограниченными возможностями, пожилых людей, людей с ограниченными психическими восприятиями. Выполнение этого критерия требует специальной поддержки для предотвращения цифрового исключения таких лиц. Важным критерием является «Инвесторы», так как каждый город, чтобы развиваться, обеспечить граждан рабочими местами, должен привлекать инвесторов, размещать для них на сайте актуальную и полезную информацию. Основным критерий «Общие критерии оценки», содержащий информацию о существовании сайта на иностранном языке, гостевой книги, дискуссионного форума, возможности граждан выражать свое мнение, а также о существовании подписки, карты города, был оценен только на 59%.

Анализ полученных результатов исследования качества сайтов повятовых городов Силезского воеводства ясно свидетельствует о необходимости стандартизации их структуры: проектирование навигации, размещение элементов на главной странице по шаблону. Пример вида главной страницы и основная структура веб-сайта для нужд электронной администрации показаны на рисунках 3 и 4.

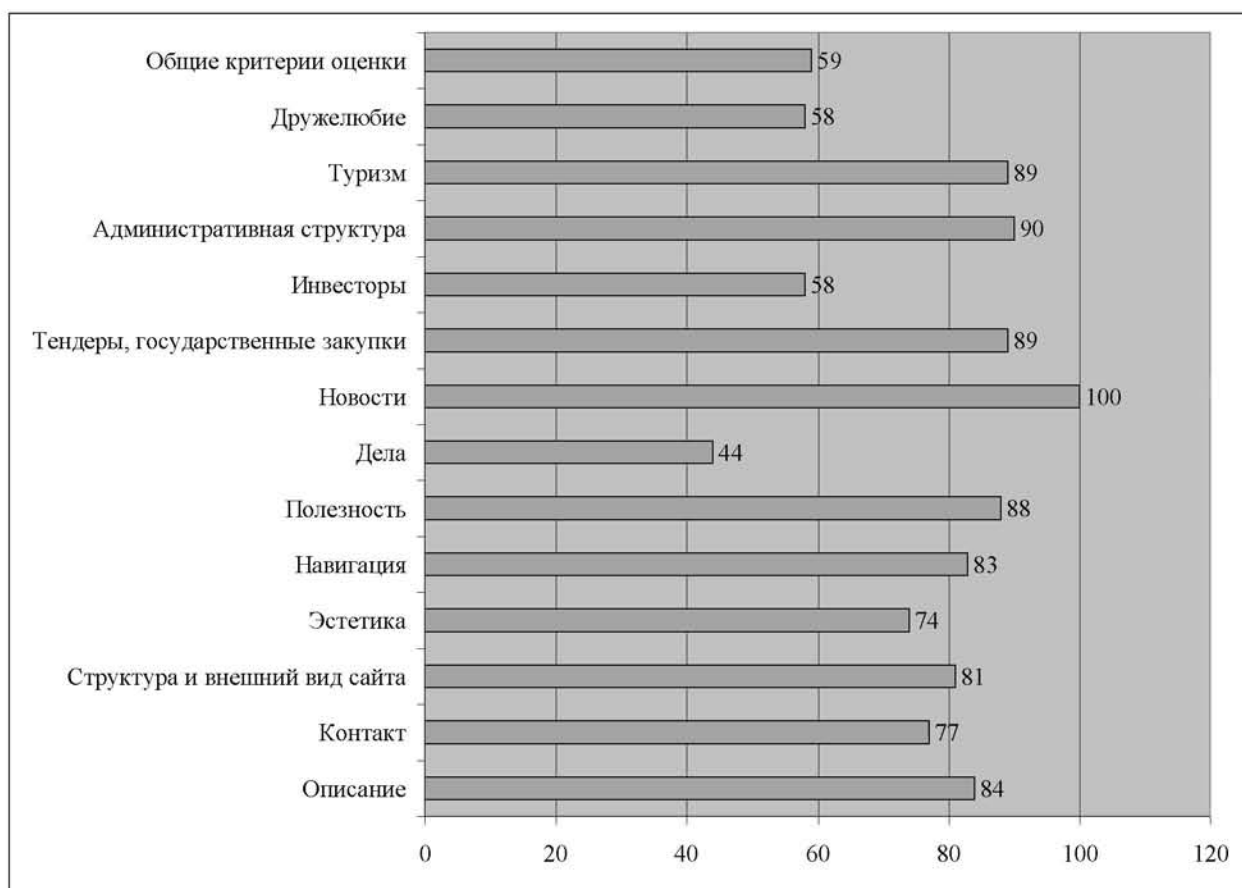


Рисунок 2 – Оценка выполнения критериев исследований интернет-сайтов повятовых городов Силезского воеводства

LOGO			ВЫБОР ЯЗЫКА			ВЕРСИЯ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ		
						ПОИСК		
СТАРТ	ГОРОД	СОВЕТ	ОБРАЗОВАНИЕ	КУЛЬТУРА	ТУРИЗМ	КОНТАКТ		
НОВОСТИ			ВАЖНЫЕ СООБЩЕНИЯ			Е-		
						ВІР		
			ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ НАСЕЛЕНИЯ			Информации		
			ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ ИНВЕСТОРА					
			ИНФОРМАЦИЯ ..			ДЛЯ ТЕНДЕРЫ		

Рисунок 3 – Проект домашней страницы интернет-сайта для нужд e-Администрации

Макет веб-страницы был разработан с учетом максимальной простоты и возможности быстрого доступа к информации, он имеет только одно горизонтально-каскадное меню. Такой подход позволяет сэкономить место на странице, разместить большое количество ссылок. В то же время он позволяет быстро переходить на нижние структуры страницы без

необходимости чрезмерного количества щелчков мыши. Интернет-пользователи привыкли к такому решению, так как оно используется в большинстве приложений. Желательно, чтобы сайт имел версию для людей с ограниченными возможностями (слабое зрение) в виде альтернативного сайта, который отличается от основного цветом (повышение контраста) и размером шрифта с голосовым чтением контента. Такие возможности должны стать стандартными на сайтах государственного правительства.

Сайт также должен иметь языковые версии; расположение кнопки изменения версии предусмотрено в правом верхнем углу главной страницы. Там также находится поисковый механизм, который позволяет искать информацию по содержанию всего сайта.

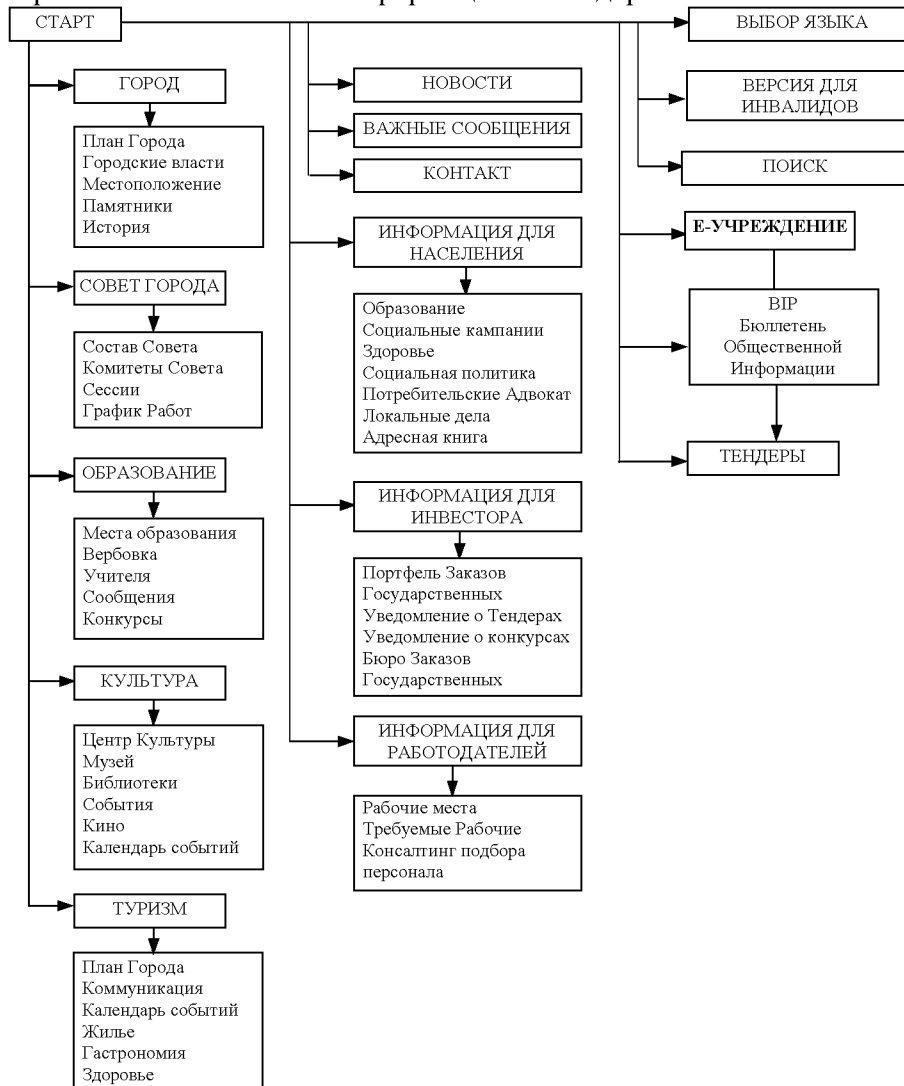


Рисунок 4 – Проект структуры интернет-сайта для нужд e-Администрации
Источник: Авторская работа

Правая часть главной страницы посвящена элементам, которые должны быть выделены. Там есть три графических баннера, ссылающихся на страницы, содержащие важную информацию, например, VIP (Бюллетень Общественной Информации), е-учреждение, информация о государственных закупках, организованных городом. Конечно, доступ к этим страницам возможен также с использованием каскадного меню. Желательно, чтобы выбор баннера е-учреждения переносил потребителя на сайт SEKAP (Система Электронной Коммуникации Государственной Администрации).

«Новости» находятся на левой стороне сайта в так называемом слабом месте. Показаны три последних сообщения. Пользователь сайта должен иметь возможность доступа к архиву сообщений, который может легко фильтровать списки по времени. Центральная

часть предназначена для важных сообщений. Это может быть, например, уведомление о неисправности или короткие сообщения о текущих событиях. Ниже приведены ссылки на руководство для жителей, инвесторов и работодателей.

Лучшим инструментом для реализации такого сайта может быть готовая система CMS OpenSource. В настоящее время самые известные системы – это Joomla и Drupal. Они позволяют свободное построение сайта, модификацию структуры и контента через веб-браузер.

Такой подход будет способствовать легкому созданию сайта, постоянному обновлению лицами, ответственными за опубликованное содержание с использованием стандартных в использовании инструментов, бесплатных и простых.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В польской и зарубежной литературе можно найти много источников, которые описывают методологию создания веб-сайтов, инструменты для их создания [2, 9, 10, 11], а также критерии оценки их качества и пригодности для конкретных целей [1, 3, 4, 5, 6, 7, 8]. В большинстве случаев представленные методологии построения относятся к веб-сайтам для бизнеса. Веб-сайты для нужд публичной администрации имеют свои особенности; прежде всего, они должны давать возможность открыть необходимую информацию и реализацию дистанционных электронных услуг. Эти веб-сайты должны быть удобными для пользователей, особенно для инвалидов и пожилых людей, тем самым предотвращая цифровое исключение значительной части общества. Несмотря на различия в специфике и назначении интернет-сайтов для предприятий и государственной администрации, рекомендации, связанные с эстетикой, навигацией, цветами и т.д., являются очень полезными для создания административных сайтов и их оценки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Banasikowska J.: Wyniki badań poziomu rozwoju elektronicznej administracji w województwie śląskim. W: Systemy Wspomagania Organizacji. Porębska-Miąc T., Sroka H. [Red.], AE, Katowice, 2010.
2. Chapman N., Chapman J.: Web Design. John Wiley&Sons, 2006.
3. Chmielarz W.: Analiza porównawcza wybranych księgarń internetowych. W: Systemy Wspomagania Organizacji. Porębska-Miąc T., Sroka H. [Red.], AE, Katowice 2003..
4. Chmielarz W.: Analiza witryn internetowych w branży motoryzacyjnej. W: Systemy Wspomagania Organizacji. Porębska-Miąc T., Sroka H. [Red.], AE, Katowice 2004.
5. Chmielarz W.: Comparative analysis of tourist information on the Internet portals of Poland's national parks. W: Systemy Wspomagania Organizacji. Porębska-Miąc T., Sroka H. [Red.], AE, Katowice 2006.
6. Chmielarz W.: Analiza porównawcza witryn internetowych w branży kosmetycznej. W: Systemy Wspomagania Organizacji. Porębska-Miąc T., Sroka H. [Red.], AE, Katowice 2007..
7. Chmielarz W.: Metodyczne problemy oceny witryn bankowości elektronicznej. W: Systemy Wspomagania Organizacji. Pańkowska M., Porębska-Miąc T., Sroka H. [Red.], AE, Katowice 2008.
8. Chmielarz W.: Problemy oceny serwisów internetowych z artykułami sportowymi. W: Systemy Wspomagania Organizacji. Porębska-Miąc T., Sroka H. [Red.], AE, Katowice 2009. Jenkins S.: Web Design. The Line, The Express Line to Learning. Wiley Publishing, Inc., 2007.
9. Ziemia E.: Metodologia budowy serwisów internetowych dla zastosowań gospodarczych. AE, Katowice 2005. Ziemia E.: Projektowanie portali korporacyjnych dla organizacji opartych na wiedzy. AE, Katowice 2009.

Банасиковска Янина

Экономический Университет в Катовицах, Польша

Кандидат технических наук, инженер кафедры информатики

E-mail: janina.banasikowska@ue.katowice.pl

Ya. BANASIKOWSKA (*Candidate of Engineering Sciences, engineer of computer science*)
Department of Computer Science, University of Economics in Katowice, Poland

**QUALITY RESEARCH FINDINGS ANALYSIS AND CONCEPTION
OF CONSTRUCTION STANDARDIZATION OF INTERNET AGENCIES' SERVICES
PROCLAIMING PUBLIC SERVICES**

The aim of this article is to analyse research results of the quality tests done on the websites of the Silesian poviat cities. The author proposes a concept of building websites already adapted to e-Administration services provision, allowing to lower the costs of websites realisation and make their use and systematic content update simple.

Keywords: *e-Government; e-Services; construction site; quality testing sites; evaluation criteria; site structure.*

РУССКАЯ РЕЧЬ ЗВУЧИТ В ИСПАНИИ

12-14 ноября 2011 года в рамках Федеральной целевой программы «Русский язык» пройдет научно-методический семинар повышения квалификации для членов национальных ассоциаций преподавателей русского языка и литературы в Испании.

Организаторы семинара:

ООО «Трэйдком» по заказу Министерства науки и образования Российской Федерации при участии ФГБОУ «Государственный университет-учебно-научно-производственный комплекс» (г. Орел) и Института сертификации и качества образования (г. Москва).

Место проведения: Общество русской культуры «Волга» (Русский дом в Валенсии).

Тематика семинара связана с проблемами анализа и понимания художественного текста в преподавании русского языка как иностранного (на примерах текстов русских классических и современных произведений).

Проведение семинара имеет своей целью поддержать изучение русского языка и литературы в зарубежных странах, способствовать тому, чтобы сделать процесс обучения увлекательным и эффективным за счет совершенствования педагогического мастерства учителей, повышения их профессиональной квалификации, и, в конечном счете, тем самым активизировать интерес к России, оказывать положительное воздействие на распространение русского языка в мире.

Программа семинара предусматривает: проведение лекционных и практических занятий; состоится также круглый стол по обсуждению проблем и перспектив развития русского языка в современном мире.

В семинаре примут участие ведущие методисты и преподаватели российских вузов. Возможность обменяться мнениями по существующим проблемам обучения русскому языку в разных образовательных учреждениях разных стран, несомненно, позволит обобщить опыт преподавания русского языка и литературы, сделать упор на актуальных теоретических и методических вопросах, в частности, новых технологиях формирования знаний, навыков и умений в области русского языка и анализа художественного текста.

УДК 004

В.П. БЕЛОВ, В.В. ЦВЕТКОВ

МОДЕЛИРОВАНИЕ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ И ПОЛИТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В КОНЦЕПЦИИ КОРПОРАТИВНЫХ ДОЛГОВЫХ ОБЯЗАТЕЛЬСТВ

В статье предложен метод моделирования социально-экономических и политических процессов путем моделирования поведения субъектов указанных процессов на примере замкнутой функциональной подсистемы. Составлена и проанализирована по заданным сценариям динамическая модель функциональной подсистемы.

Ключевые слова: моделирование социально-экономических и политических процессов; математическое моделирование.

ВВЕДЕНИЕ

Значительную роль в обществе играют социально-экономические и политические процессы (далее – СЭПП). В зависимости от масштабов протекающие процессы могут быть мировыми, государственными, региональными, уровня больших и малых социальных групп.

Как правило, сами по себе СЭПП не существуют, их свойства напрямую зависят от способа государственных и негосударственных форм организации общества, институтов, общественных организаций, от структурно выделяемых страт, в частности, религиозных объединений, семей, предприятий, фирм и т.д. (далее – функциональных страт или функциональных подсистем). Элементы этих страт рассматриваются как социальные субъекты или экономические субъекты.

При построении модели обычно выделяют мегасистему – среду, в которой функционирует исследуемая система, и исследуемую систему, которая описывается с заданной степенью детализации, достаточной для анализа основных факторных характеристик, которые входят в задачи исследования. При моделировании могут учитываться взаимодействия с мегасистемой путем введения макрофункциональных импликаций, которые определенным образом параметризованы и представлены соответствующими функциональными отношениями. Эти взаимодействия могут не учитываться, тогда исследуемая система рассматривается как «закрытая» замкнутая система, которая и рассматривается в этой.

Ограниченные возможности систем по удовлетворению экономических потребностей социальных субъектов создают ситуацию, когда повышение уровня удовлетворения одних социальных субъектов неизбежно затрагивает, а порой и ущемляет интересы других социальных субъектов. В связи с этим для нашего исследования необходимо подчеркнуть, что СЭПП бывают как конфликтные, так и неконфликтные.

Для исследования и моделирования СЭПП необходима их формализация, с этой целью под объектом нашего исследования мы будем рассматривать не сами СЭПП, а финансовую систему, в которой протекают СЭПП, так как указанные процессы напрямую зависят от свойств и состояния системы.

Настоящая статья посвящена исследованию СЭПП на примере корпоративных долговых обязательств (далее – корпоративно-финансовая система), в частности:

- создание модели финансовой системы;
- анализ основных характеристик финансовой системы.

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Под социально-экономическими процессами будем понимать социальные процессы, вызванные экономическим неравенством социальных субъектов.

Социально-политические процессы – процессы распределения и перераспределения политических возможностей разных социальных субъектов, изменения их политического статуса.

Разрушение финансовой системы R_j – состояние системы, при котором отсутствует возможность выплачивать обязательства участникам системы по текущему курсу условных бумаг в момент времени t , переход социальных субъектов из состояния неконфликтное в конфликтное, а также перераспределение политических возможностей социальных субъектов финансовой системы.

Неконфликтные СЭПП – такие процессы, при которых социальные субъекты выполняют свои обязательства в рамках установленных правил и норм.

Конфликтные СЭПП – такие процессы, при которых социальные субъекты выходят за рамки установленных правил и норм с целью уничтожения противостоящего участника. Пример: война, терроризм, коррупция.

ОПИСАНИЕ МОДЕЛИ

В границах данной модели под финансовой системой будет пониматься финансовая схема такая, при которой организатор финансовой системы в течение некоторого периода времени продает собственные обязательства (далее – условные долговые бумаги), по которым он обязуется выплатить предъявителю определенную сумму в будущем.

Формально условные бумаги – ничто, некие абстрактные расчетные единицы. Условные бумаги имеют «курсы», устанавливаемые организатором: «курс» покупки, по которым участник может «купить» условные единицы за реальные деньги у финансовой системы, и «курс» продажи, по которому он может их ей «продать».

Организатор назначает «курсы», темпы роста которых составляют в % к курсу предыдущего месяца.

Участник может в любой момент «купить» у финансовой системы любое количество условных бумаг по текущему «курсу» покупки и в любой момент может их ей «продать» по текущему курсу продажи.

Организатор выполняет все свои обязательства, основной целью которого является максимальный срок жизни финансовой системы. В связи с этим прибыль организатора незначительна и в дальнейшем мы ее не учитываем.

Финансовую систему будем рассматривать в периоде времени, равном одному месяцу ($t=0,1,2,\dots$), до момента ее разрушения, R_j (мес.).

Основные информационные категории, определяющие элементы модели:

- $V_x(t)$ – общее количество вложенных денег участниками в финансовую систему в момент времени t (руб);
- $N_i(t)$ – количество новых участников в момент времени t (чел.);
- $V_i(t)$ – общее количество участников в финансовой системе в момент времени t (ед.);
- $P_v(t)$ – процент участников, желающих получить выплаты от $V_i(t)$ в момент времени t (%);
- $K_p(t)$ – стоимость 1 условной бумаги в момент времени t (руб);
- $R_b(t)$ – общее количество вкладов за все время существования финансовой системы, с учетом выплат в момент времени t (руб);
- $Y_B(t)$ – количество условных бумаг, покупаемых одним участником по текущему курсу в момент времени t (у.б.);
- $R_s(t)$ – расходы на содержание финансовой системы и ее рекламу в момент времени t от $V_x(t)$ (%);
- $E_l(t)$ – общее количество участников, получивших выплаты от $V_i(t)$ в момент времени t (чел.);
- $S_l(t)$ – количество участников, желающих получить выплаты от $V_i(t)$ в момент времени t (чел.);
- $V_l(t)$ – сумма выплаты по текущему курсу на одного участника в момент времени t (руб);

• R_j – время жизни финансовой системы: время от момента создания до момента разрушения финансовой системы (мес.); это значение t , при котором $R_b < 0$.

В рамках введенных категорий финансовая система описывается следующей системой обыкновенных дифференциальных уравнений:

$$\frac{dV_i}{dt} = N_i(t) - E_i(t) , \quad (1)$$

где $E_i(t) = S_i(t)$.

$$\frac{dR_b}{dt} = V_x(t) - V_p(t) , \quad (2)$$

где

$$\begin{aligned} V_p(t) &= S_i(t) * V_1(t) \\ V_x(t) &= K_p(t) * Y_B(t) * N_i(t) - R_s(t) \\ S_i &= P_v(t) * V_i(t) \\ V_1 &= Y_B(t) * K_p(t) \end{aligned} \quad (3)$$

при $R_s(t), K_p(t), N_i(t), S_i(t), Y_B(t), P_v(t), V_1(t) > 0$.

Из уравнения (2) видно, что срок жизни финансовой системы зависит от притока новых финансовых средств в систему, а также от общего количества участников, получивших выплаты в определенную единицу времени.

Предположим, что организатор финансовой системы выполняет обязательства в полном объеме. На основании сделанных предположений и заданных характеристик проведем тестовый анализ финансовой системы, зададим сценарии развития, меняя показатели $V_x(t), R_s(t), P_v(t)$.

В целях моделирования системы построим имитационную модель динамической финансовой системы с указанными основными элементами в iThink, которая использует систему операторов Systems Dynamics, в основном ориентированная на моделирование в непрерывном пространстве.

Блок-схема компьютерной модели представлена на рисунке 1. Она содержит типовые функциональные блоки систем управления и управляемых объектов. Блоки представляют компьютерные программы, вычисляющие необходимые математические функции.

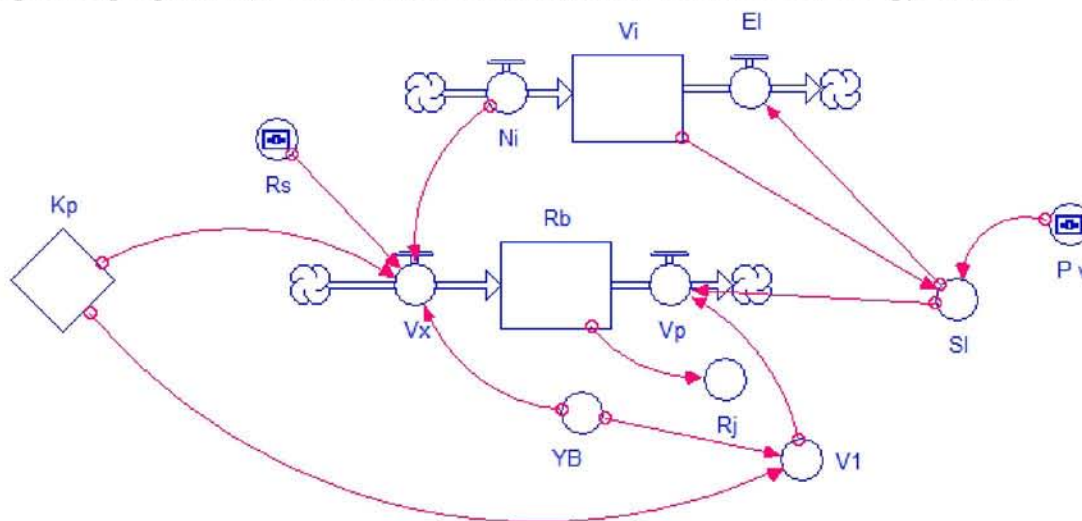


Рисунок 1 – Графический образ модели финансовой системы

Графическая схема автоматически преобразуется в систему уравнений, записанную на языке Dymato (рис. 2).

```

 Rb(t) = Rb(t - dt) + (Vx - Vp) * dt
INIT Rb = Vx
INFLOWS:
    ↻ Vx = (((Kurs_Pokupki_Prodaji*YB)*Ni)-((Kurs_Pokupki_Prodaji*YB)*Ni)*Rs)
OUTFLOWS:
    ↻ Vp = SI*V1
 Vi(t) = Vi(t - dt) + (Ni - EI) * dt
INIT Vi = Ni
INFLOWS:
    ↻ Ni = 50000
OUTFLOWS:
    ↻ EI = SI
 P_v = 0.2
 Rj = IF(Rb<0)THEN(PAUSE)ELSE(TIME)
 Rs = 0.03
 SI = Vi*P_v
 V1 = YB*Kurs_Pokupki_Prodaji
 YB = 100
 Kp
 Kurs_Pokupki_Prodaji(t) = Kurs_Pokupki_Prodaji(t - dt) + (O + Step_time) * dt
INIT Kurs_Pokupki_Prodaji = Step_time
INFLOWS:
    ↻ O = Procent_v_mesyaz*Stok
    ↻ Step_time = GRAPH(TIME)
UNATTACHED:
    ↻ Stok = Kurs_Pokupki_Prodaji
 Procent_v_mesyaz = 0.2
    
```

Рисунок 2 – Система уравнений, записанная на языке Dymato

ТЕСТОВЫЙ АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ФИНАНСОВОЙ СИСТЕМЫ ПО ЗАДАНЫМ СЦЕНАРИЯМ

Примем общие для всех сценариев следующие условия:

- $Ei(t)=Si(t)$ – Организатор финансовой системы выполняет свои обязательства в полном объеме, в связи с чем желания участников получить выплаты выполняются в полном объеме;
- $YB(t) – 100$ (руб.);
- $Kp(t)$ – Организатор устанавливает темпы роста условных бумаг на 20% в ед. времени t без возможности их изменения до момента разрушения финансовой системы (%);
- одна единица времени t равна одному месяцу;
- во всех таблицах знак / означает логическую связку «или» в исходных данных и результатах.

Таблица 1 – Сценарии с постоянной функцией $Vx(t)=const$

№ сценария	$Vx(t)$ (руб.)	$Pv(t)$ (%)	$Rs(t)$ (%)	Rj (мес.)
1	50000	60	3/9	3/0
2	50000	50	3/9	6/2
3*	50000	30	3/9	14/8
4	50000	20	3/9	21/14

При постоянном количестве новых вкладов $Vx(t)=50000$ (руб.) в момент времени t , при спросе на выплаты, составляющем 30% $Pv(t)$ от общего количества игроков в системе и при

расходах на содержание финансовой системы $R_s(t)$, равным 3% или 9% от $V_x(t)$ срок жизни системы R_j составит 14 или 8 месяцев (рис. 3).

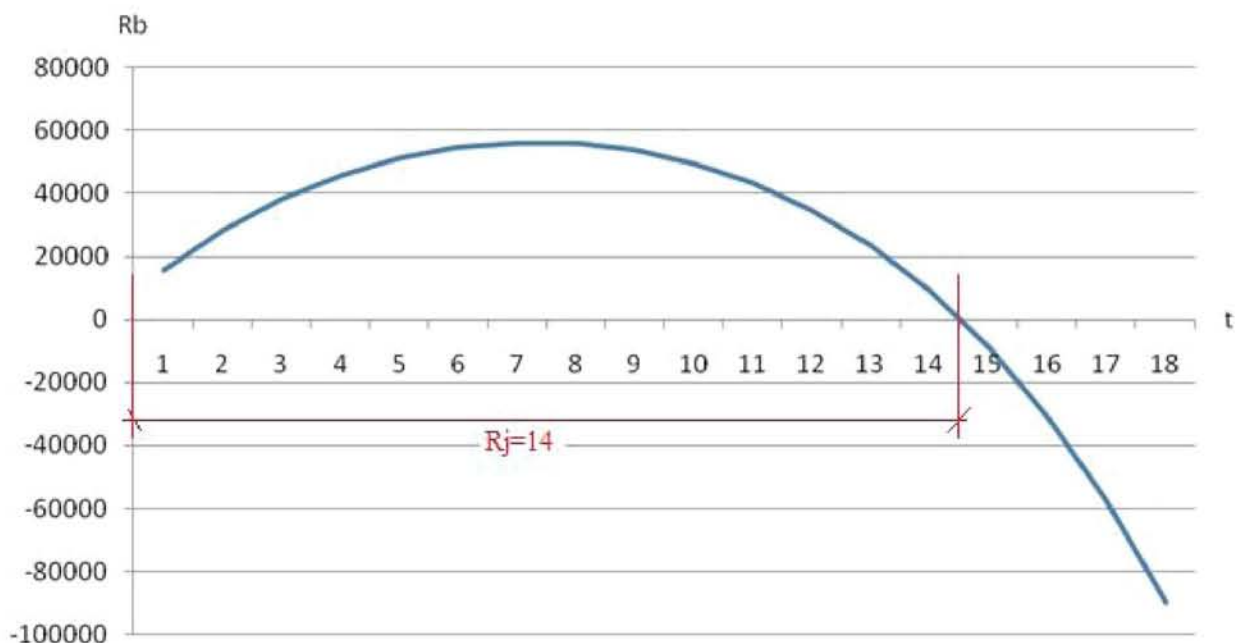


Рисунок 3 – График динамики R_b в зависимости от времени, при $R_s(t) = 3\%$

Таблица 2 – Сценарии с однородной линейной функцией $V_x(t)=at$ при $a>0$

№ сценария	$V_x(t)$ (руб)	$P_v(t)$ (%)	$R_s(t)$ (%)	R_j (мес.)
1	at	60	3/9	59/22
2	at	50	3/9	70/25
3	at	30	3/9	115/41
4	at	20	3/9	170/59

Таблица 3 – Сценарии со степенной функцией $V_x(t)=t^a$ при $a=2$

№ сценария	$V_x(t)$ (руб)	$P_v(t)$ (%)	$R_s(t)$ (%)	R_j (мес.)
1	t^a	60	3/9	113/38
2	t^a	50	3/9	135/46
3	t^a	30	3/9	223/76
4	t^a	20	3/9	332/112

ВЫВОД

Необходимо подчеркнуть, что в данной работе не рассмотрены внешние воздействия на финансовую систему, что в реальности может сказаться на ее жизненном цикле.

Основными параметрами управления для организатора, увеличивающими срок жизни финансовой системы R_j , являются:

- $K_p(t)$ – стоимость 1 условной бумаги в момент времени t ;
- $R_s(t)$ – расходы на содержание финансовой системы и ее рекламу в момент времени t от общего количества вложенных денег участниками в финансовую систему в момент времени t .

Ключевыми параметрами существования финансовой системы являются: стабильный приток новых вкладов $Vx(t)$, маленький процент игроков, желающих получить выплаты $Pv(t)$ (т.е. обменять условные бумаги на реальные деньги) и незначительные расходы на содержание финансовой системы, ее рекламу в момент времени t от $Vx(t)$.

В реальных подобных финансовых системах количество игроков и вкладов нестабильно и ограничено. В связи с этим, при анализе срока жизни финансовой системы необходимо многовариантное рассмотрение исходных данных.

Приток вкладов для оптимального существования СЭПП в финансовой системе должен быть в новом месяце выше или такими же, как и в предыдущих месяцах. В противном случае финансовая система не в состоянии выплачивать свои обязательства перед субъектами, что непременно приведет к переходу социальных субъектов из состояния «неконфликтное» в «конфликтное».

При построении тестовых сценариев рассмотренной финансовой системы использовались прототипы системы типа ОАО «МММ», «Хопер-инвест», «Властелина», «Система ГКО» и другие так называемые «финансовые пирамиды», после разрушения которых последствиями стали такие процессы, как экономическая нестабильность, митинги с требованиями отставки Правительства и Президента, а также длительный период падения доверия населения к государственным, финансовым и инвестиционным институтам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исследование социально-экономических и политических процессов. – М.: Учебник РАГС, 2010.
2. Димитриади Г.Г. Моделирование финансовых пирамид: детерминированный подход. – М.: Едиториал УРСС, 2002.

Белов Владимир Павлович

Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, г. Москва
Доктор технических наук, профессор кафедры информационных технологий в управлении
Тел.: 8 (495) 436-02-17

Цветков Виктор Владимирович

Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, г. Москва
Аспирант кафедры информационных технологий в управлении
Тел.: 8 (926) 311-43-43
E-mail: 3114343@mail.ru

V.P. BELOV (*Doctor of Engineering Sciences, professor of department of information technology in management*)

V.V. TSVETKOV (*Post-graduate student of department of information technology in management*)
Russian Academy of Public Administration under the President of the Russian Federation (Rapa)

MODELLING OF SOCIAL AND ECONOMIC AND POLITICAL PROCESSES IN THE CONCEPT OF CORPORATE PROMISSORY NOTES

In article the method of modeling of social and economic and political processes by modeling of behavior of subjects of the specified processes on an example of the closed functional subsystem is offered. The dynamic model of a functional subsystem is made and analysed under the set scenarios.

Keywords: *modeling of social and economic and political processes; mathematical modeling.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Issledovanie social'no-e'konomicheskix i politicheskix processov. – М.: Uchebnik RAGS, 2010.
2. Dimitriadi G.G. Modelirovanie finansovy'x piramid: determinirovanny'j podxod. – М.: Editorial URSS, 2002.

УДК 004.4:6

А.В. КУРНИКОВ, А.В. САМОХИН

ФОРМИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО РЕСУРСА ПО ФИЗИКЕ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКИХ НАПРАВЛЕНИЙ ПОДГОТОВКИ

В данной статье описывается опыт разработки информационно-образовательного ресурса по курсу общей физики для студентов технических направлений подготовки и специальностей. Продемонстрирована структура данного ресурса и описаны принципы работы алгоритмов основных модулей. Построены графические модели и диаграмма вариантов использования.

Ключевые слова: информационная система; образовательный ресурс; учебно-методический комплекс; самостоятельная работа студента; контроль знаний; дидактический материал; диаграмма вариантов использования; физика.

ВВЕДЕНИЕ

Использование образовательных стандартов компетентного формата предусматривает модульную технологию обучения, оцениваемую системой зачетных единиц. В ФГОС ВПО третьего поколения особое внимание уделяется самостоятельной работе, объем которой составляет 22-27 часов в неделю.

Согласно современным требованиям основная образовательная программа должна обеспечиваться учебно-методической документацией и материалами по всем учебным дисциплинам, что, в свою очередь, требует мобильных методических разработок в широком доступе с предоставлением в сети Интернет или локальной сети образовательного учреждения [6].

В связи с этим появляется необходимость разработки электронного учебно-методического комплекса по физике, который позволит использовать единую базу учебного дидактического материала и контроля знаний для различных специальностей и направлений подготовки. Другими словами, предлагается учебно-методический комплекс нового поколения, который нами назван информационно-образовательный ресурс по физике.

ФОРМИРОВАНИЕ ДИДАКТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА И ДИАГНОСТИКА ПРЕДМЕТНОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ

На базе кафедры «Физика и прикладная математика» Муромского института разработан и апробирован в испытуемых учебных группах информационно-образовательный ресурс (ИОР) по физике для студентов технических направлений подготовки.

Данный ресурс является гибким многофункциональным программным средством, основными функциями которого являются:

- автоматическое формирование учебного контента, объема и содержания аудиторных лекционных занятий и поддержка самостоятельной работы студента в зависимости от направления подготовки (специальности);
- подбор методических указаний для выполнения лабораторных и практических работ в зависимости от направления подготовки (специальности);
- диагностика степени предметной подготовленности учащегося на различных этапах обучения и визуализация сформированности его компетенций.

Структура ИОР представлена на рисунке 1, из которого видно, что ресурс состоит из 5 модулей (разделов) верхнего уровня: учебно-методические материалы лекций, практических и лабораторных работ, контроль знаний и библиотека учебных материалов [2]. При разработке данного ресурса учитывался тот факт, при котором все бы модули имели единую принципиальную структуру и общие принципы взаимодействия с пользователем.

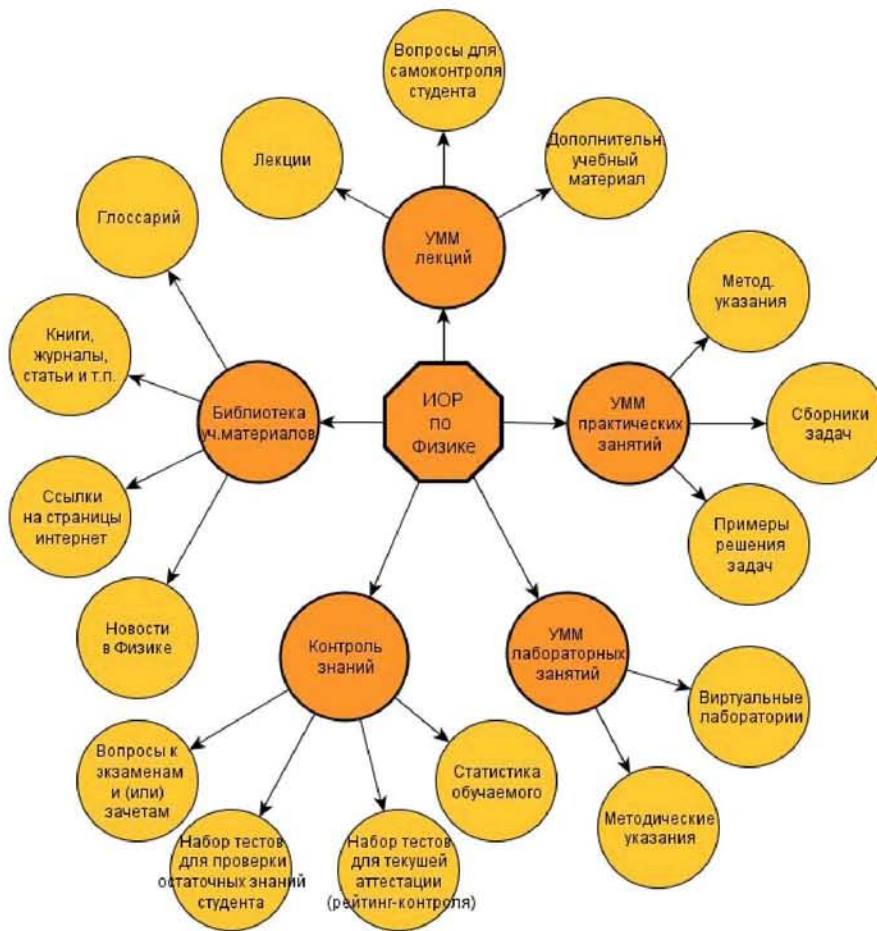


Рисунок 1 – Структура ИОР по физике

Модуль автоматического формирования учебного контента, объема и содержания дидактического материала для лекционных занятий и самостоятельной работы студента представляет собой программную систему, включающая весь учебный материал, изданный преподавателями кафедры «Физика и прикладная математика» и объединенный в единую учебно-методическую базу [3-5].

В основу подпрограммы автоматического формирования дидактического материала входит принцип его деления на блоки и модули, а также последующее разделение модулей по типам учебного материала и определение их информационной емкости в аудиторных часах. Это позволяет логически структурировать учебный материал, наглядно представить всю совокупность дидактических единиц, их взаимосвязь и иерархию.

Блочно-модульная структура учебного материала на примере дисциплины «Физика» представлена в таблице 1 (данная таблица не отображает полный курс общей физики, а лишь примерно показывает некоторые отдельно взятые модули).

Таблица 1 – Пример блочно-модульной структуры лекционного материала

Блок	Модуль	Приоритет
1	2	3
I. Механика	Элементы кинематики	
	Динамика материальной точки и поступательного движения твердого тела	+
	Работа и энергия	
	Динамика вращательного движения твердого тела	
	Механические колебания	
	Механические волны	

Продолжение таблицы 1.

1	2	3
	Элементы специальной теории относительности	
2. Электричество и магнетизм	Электрическое поле	
	Постоянный электрический ток	+
	Магнитное поле	
	Электромагнитная индукция	
3. Колебательные и волновые процессы	Элементы теории электромагнитного поля	
	Электромагнитные колебания и волны	+
	Основы волновой оптики	
	Механические и электромагнитные колебания	+
4. Атомная физика и ядерная физика	Механические волны	
	Электромагнитные волны	
	Основы волновой	
	Прикладные вопросы физики колебаний и волн	
5. Термодинамика и молекулярная физика	Квантовая природа излучения	+
	Основы квантовой механики	
	Физика излучений	
6. Физика твердого тела	Элементы физики атомных ядер	
	Введение в статистическую и молекулярную физику	
	Основные принципы термодинамики	+
	Кристаллическая решетка	+
	Дефекты кристаллической решетки	
	Тепловые свойства кристаллов	+
	Электрические свойства кристаллов	
	Магнитные свойства твердых тел	

Таким образом, весь дидактический материал можно разделить на блоки (разделы, главы); каждый из блоков, в свою очередь, делится на модули (темы). Кроме того, модуль обладает разным приоритетом важности в блоке. Учебный минимум представляет собой совокупность наиболее важных модулей в содержании дисциплины.

Такой подход необходим для того, чтобы в случае минимального количества часов, отведенных на изучение дисциплины, система, в первую очередь, выдавала пользователю учебный минимум этой дисциплины, а далее, согласно алгоритму, автоматически формировала оставшийся дидактический материал в зависимости от часов аудиторной и самостоятельной работы.

Например, на заочном отделении для изучения дисциплины «Физика» отводится 20 часов аудиторной работы, в течение которых можно охватить только основные темы всего курса, то есть учебный минимум. Оставшийся дидактический материал выносится на самостоятельную работу. В то же время на дневном отделении на аудиторную работу отводится 68 часов, при этом объем самостоятельной работы сокращается по сравнению с заочной формой.

Этот подход реализуется за счет разбиения содержимого каждого из модулей на четыре типа учебного материала: вспомогательный, базовый, демонстрирующий, конкретизирующий.

Классификация деления дидактического материала представлена на рисунке 2.

Каждый тип учебного материала по дисциплине «Физика» можно описать следующим образом:

- Базовый материал – это основные определения, физические законы и формулы без вывода. Этот материал является наиболее важным и имеет приоритет первого типа.
- Демонстрирующий материал может выступать дополнением к любому из описанных типов и содержит различные рисунки, графики, опыты или обучающие

видеоролики. Этот материал имеет приоритет второго типа, поскольку наглядное представление или описание улучшает восприятие изучаемого материала.

- К материалам конкретизирующего типа относятся выводы формул, различные примеры решения задач. Этот материал имеет третий приоритет, так как усиливает восприятие изучаемых явлений и законов, но не играет ключевую роль в процессе обучения.

- Вспомогательный материал представляет собой весь теоретический материал, не требующий доказательства, раскрывающийся в форме описания или рассказа. Это события, факты и историческая справка, вводная часть к теме или параграфу, область применения изучаемого явления, процесса.

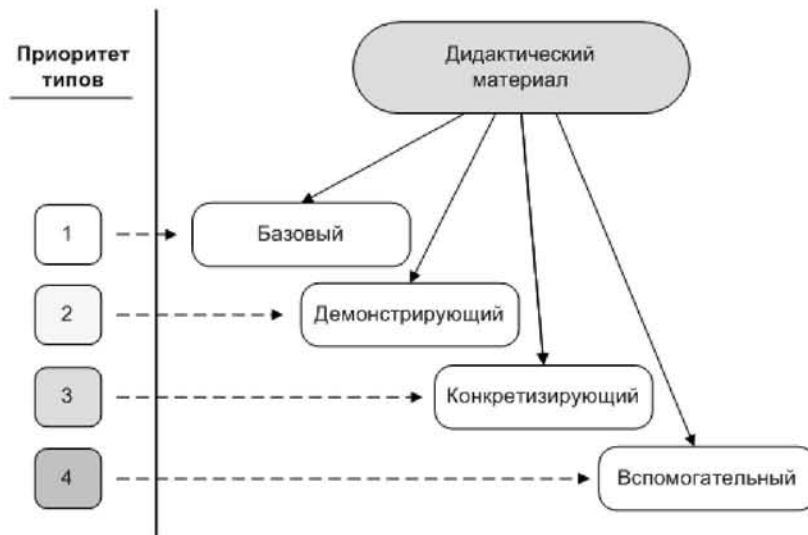


Рисунок 2 – Классификация дидактического материала

Модуль подбора методических указаний для выполнения лабораторных и практических работ содержит все учебно-методические издания преподавателей кафедры, охватывающие все разделы физики. Автоматический подбор методических указаний к лабораторным и практическим работам осуществляется по одинаковому алгоритму, в принцип работы которого, как и в модуль формирования контента для лекционных занятий и самостоятельной работы студента, входит блочно-модульное деление разделов и тем по дисциплине.

Для классификации методического материала в базе данных ИОР каждое методическое указание имеет такие свойства, как принадлежность к определенному блоку и приоритет направления подготовки (специальность), к которому применительно данное методическое указание.

Таким образом, все методические указания имеют принадлежность к определенному блоку, кроме того, каждое методическое указание обладает приоритетом важности для различных специальностей.

Такой подход позволяет системе в зависимости от выбора пользователем тематического уклона (блока) предлагать пользователю для изучения только приоритетный дидактический материал для его направления подготовки или специальности.

Модуль диагностики степени предметной подготовленности студента на различных этапах обучения и визуализация сформированности его компетенций. После изучения каждой темы пользователю системы предлагается осуществить контроль знаний в форме тестирования. Каждый вопрос в системе состоит из некоторого множества вопросов, из которых в данной сессии тестирования выбирается только один случайным образом. Следовательно, формируется индивидуальный тест для одиночного сеанса тестирования. Такой тест будет содержать столько вопросов, сколько имеется вопросов-подтем. Кроме того, вопросы теста и варианты ответов упорядочиваются случайным образом.

Описанный механизм позволяет формировать большое количество вариантов индивидуальных тестов для студентов. Причем каждое новое повторение сеанса тестирования конкретным студентом приводит к формированию нового набора заданий. Подобная схема применяется в Интернет-тестировании ФЭПО.

Работа в информационно-образовательном ресурсе проводится под индивидуальным логином и паролем, так как результаты тестирования сохраняются в базе данных и при необходимости пользователь системы может пройти повторное тестирование для улучшения результата.

По результатам тестирования строится граф степени предметной подготовленности студента, где каждая изученная тема окрашивается в цвет, соответствующий уровню понимания этой темы, а именно: оценка «неудовлетворительно» в красный; «удовлетворительно» в желтый; «хорошо» в синий; «отлично» в серый [1].

Глядя на такой граф, в первую очередь выделяется то, что требует дополнительного изучения (повторения), поэтому яркими цветами выделяются плохие оценки, а отличные выделяются светлыми цветовыми оттенками. Неизученные или ещё неизучаемые понятия окрашиваются в черный цвет.

Для перевода полученных студентом баллов в оценку применяются следующие соотношения: 71 баллов и более – оценка «отлично», что соответствует повышенному уровню сформированности компетенций по данному предмету; от 46 до 70 – оценка «хорошо»; от 31 до 45 – оценка «удовлетворительно»; от 0 до 30 – оценка «неудовлетворительно».

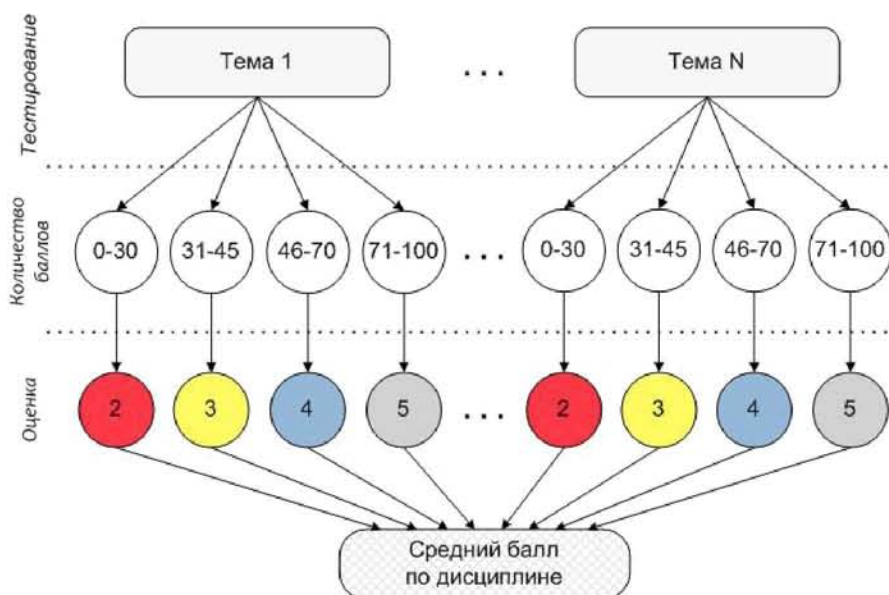


Рисунок 3 – Перевод набранных баллов в визуализированную оценку

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СРЕДСТВ ВИЗУАЛИЗАЦИИ И ПОИСКА УЧЕБНОЙ ИНФОРМАЦИИ

В процессе разработки ИОР решались задачи, описанные не только в предыдущем разделе, но и такие, как поиск существующих и разработка новых способов привлечения, удержания и концентрации внимания обучаемого на чтении и усвоении учебного материала.

В настоящее время существует множество электронных учебно-методической литературы, но, как известно, практически все существующие электронные учебные издания созданы переносом обычных, стандартных печатных учебников в электронный вид. Однако такой метод обучения основан на простом чтении и усвоении материала, написанного шаблонным, канцелярским языком и практически лишенного изобразительного материала. Такой способ предоставления и получения информации быстро утомляет и у человека теряется концентрация и интерес к обучению. Это также объясняется таким важным

фактором, как чтение с экрана – это сложнее, чем читать бумажный источник. Но объяснение данного фактора в рамках этой статьи мы рассматривать не будем.

Данный образовательный ресурс имеет немало преимуществ перед своими аналогами:

- изменение размера и начертания шрифта,
- изменение межстрочного и межбуквенного интервала,
- изменение цвета шрифта и фонового выделения,
- наглядное иллюстрирование текстовых выдержек,
- поиск по тексту,
- переход по гиперссылкам,
- запоминание места остановки чтения,
- функция закладок.

В последние годы увеличивается процент снижения зрения у молодежи ещё в школьном возрасте, что, в свою очередь, требует дополнительных разработок в электронных образовательных ресурсах. Разработанное приложение по изменению размера и начертанию шрифта позволяет производить переключения между шрифтами двух типов с засечками (Times New Roman) и без засечек (Arial), с 12 по 24 кегль. Изменение межстрочного и межбуквенного интервала позволяет производить настройку с 1 по 3 пункт (пт) и 1 по 10 пт, соответственно.

Без соблюдения основных постулатов дизайна и, в частности, педагогического дизайна, невозможно создание качественных учебных материалов, важнейшей составляющей оформления которых является цвет. Восприятие цвета может частично меняться в зависимости от психофизиологического состояния человека, например, усиливаться в состоянии страха, уменьшаться при усталости. С целью адаптации ресурса к индивидуальным требованиям обучаемых и легкости чтения текста реализована возможность изменения цвета шрифта и фоновой подложки (цвет выделения) текста. Цветовая гамма представлена десятью наиболее сочетающимися оттенками.

Для обеспечения полнотекстового поиска информации с учетом морфологии русского языка на веб-сервере используется пользовательский поиск Яндекс. Результатом поиска является список документов, упорядоченных по релевантности. Релевантность учитывает не только количество найденных документов, но и частоту их употребления и расстояние между словами. Внутри документа и на странице с результатами поиска слова, участвующие в запросе, подсвечиваются.

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИОР ПО ФИЗИКЕ

Для точного представления функциональных возможностей ИОР и то, как должен функционировать ресурс в ответ на внешние воздействия пользователей или других программных систем, на этапе проектирования ресурса была построена модель в форме диаграммы вариантов использования (use case diagram).

Представленная диаграмма (рис. 4) отображает последовательность действий для получения значимого результата для пользователя – получение знаний и их контроль с использованием образовательного ресурса.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Имея одну базу данных с учебным материалом, система позволяет формировать вспомогательные дидактические материалы аудиторных лекционных занятий и материалы для самостоятельного изучения студентом, а также осуществлять автоматический подбор методических указаний к практическим и лабораторным занятиям для различных направлений подготовки в зависимости от технического уклона этого направления и от углубленности изучения тех или иных физических основ.

Кроме выше перечисленных преимуществ информационно-образовательного ресурса перед своими аналогами, он также имеет возможности изменения размера и начертания шрифта, изменения межстрочного и межбуквенного интервала, изменения цвета шрифта и

фонового выделения, поиск по тексту, переход по гиперссылкам, запоминание места остановки чтения, функцию закладок.

Модуль диагностики степени предметной подготовленности учащегося позволяет визуализировать уровень сформированности его компетенций, обеспечивая целостное восприятие учебного материала. Обучающийся воспринимает учебный материал не как множество понятий, а как объект, при этом отслеживая, на каком этапе процесса обучения он находится, как текущая изучаемая часть, связана с другими частями учебного материала и что ещё необходимо изучить. Точно так же данная визуализация помогает преподавателю анализировать степень предметной подготовленности студента по разделам и темам дисциплины, видя целостную, объемную картину этих знаний, представленную визуализированным графом.

Таким образом, использование в учебном процессе информационно-образовательного ресурса, содержащего все учебные и вспомогательные материалы на электронных носителях в широком доступе, позволит обеспечить эффективную работу студентов и преподавателей.

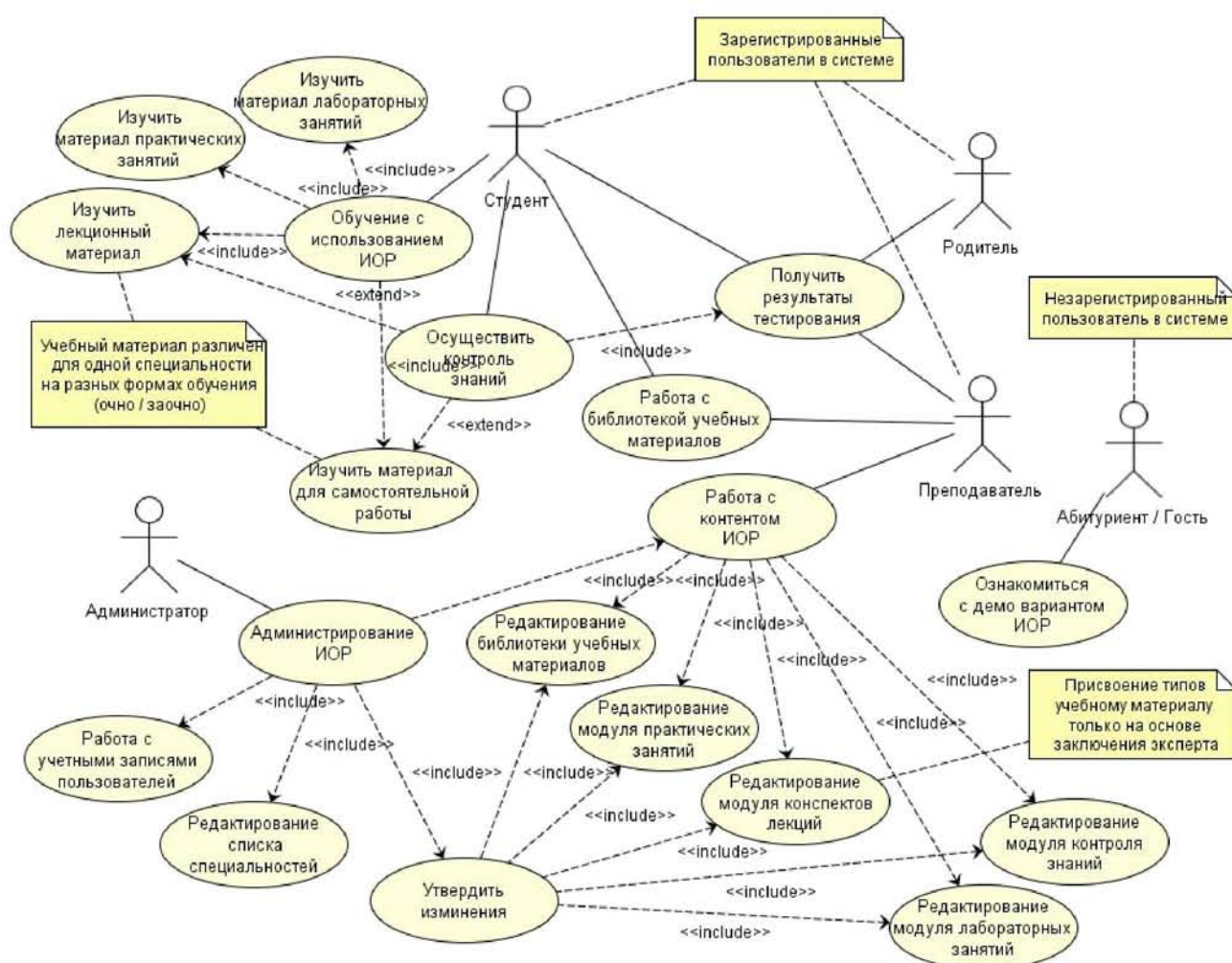


Рисунок 4 – Диаграмма вариантов использования ИОР по физике

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Курников А.В. Информационная система диагностики предметной подготовленности студента // Материалы Международного молодежного научного форума «ЛОМОНОСОВ-2011» / отв. ред. А.И. Андреев, А.В. Андриянов, Е.А. Антипов, М.В. Чистякова [Электронный ресурс]. – М.: МАКС Пресс, 2011. – 1 электрон. опт. диск (DVD-ROM); 12 см. – Систем. требования: ПК с процессором 486+; Windows 95; дисковод DVD-ROM;

- Adobe Acrobat Reader. – URL: http://lomonosov-msu.ru/archive/Lomonosov_2011/1264/30941_91bd.pdf. ISBN 978-5-317-03634-8.
2. Курников А.В. Разработка учебно-методического комплекса нового поколения // VI Международная конференция «Стратегия качества в промышленности и образовании» (4-11 июня 2010 г.). – Технический университет, г. Варна, Болгария. – Материалы в 4-х томах. – Том II. – Ч. 2 / Т.С. Хохлова, В.О. Хохлов, Ю.О. Ступак. – Днепропетровск-Варна, 2010. – С. 190-194. ISBN 978-966-1969-31-9.
 3. Ан А.Ф. Основы электродинамики [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.Ф. Ан, А.В. Самохин, А.О. Кравченко. – Электрон. дан. и прогр. – Муром: Издат.-полиграф. центр МИ ВлГУ, 2009. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Систем. требования: IBM PC. Microsoft Windows 9x/XP/Vista. Adobe Acrobat Reader 6.0. Internet Explorer 6.0. – Загл. с экрана. – Гос. регистрация № 0320900784. – Гриф НМС по физике МО и НРФ.
 4. Ан А.Ф., Самохин А.В. Физические основы механики [Электронный ресурс]: учебное пособие. – М.: ФИАН, 2007. – 1 CD-ROM. – Систем. требования: IBM PC. Microsoft Windows 9x/2000/XP. Adobe Acrobat Reader 6.0. – Загл. с этикетки диска. – Гос. регистрация № 0320702161.
 5. Ан А.Ф., Самохин А.В. Основы современной физики [Электронный ресурс]: учебное пособие. – Муром: Издат.-полиграф. центр МИ ВлГУ, 2008. – 1 CD-ROM. – Систем. требования: IBM PC. Microsoft Windows 9x/2000/XP. Adobe Acrobat Reader 6.0. – Загл. с этикетки диска. – Гос. регистрация № 0320800287.
 6. Федеральные государственные образовательные стандарты высшего профессионального образования по направлениям подготовки бакалавриата. – Сайт Министерства образования и науки Российской Федерации [Электронный ресурс]. – URL: <http://mon.gov.ru/dok/fgos/7198/>.
 7. Краснянский М.Н., Радченко И.М. Основы педагогического дизайна и создания мультимедийных обучающих аудио/видео-материалов: уч.-мет. пособие. – ГОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет», 2006. – 55 с.
 8. ГОСТ Р 52872-2007. Интернет-ресурсы. Требования доступности для инвалидов по зрению.

Курников Александр Валерьевич

Муромский институт (филиал) ГОУ ВПО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Муром

Аспирант кафедры «Физика и прикладная математика»

Тел.: 8 (49234) 7-71-33

E-mail: sasha.kav@mail.ru

Самохин Анатолий Васильевич

Муромский институт (филиал) ГОУ ВПО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Муром

Доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой «Физика и прикладная математика»

Тел.: 8 (49234) 7-71-33

E-mail: ya-in@ya.ru

A.V. KURNIKOV (*The post-graduate student of department «Physics and the applied mathematics»*)
 A.V. SAMOKHIN (*Doctor of Engineering Sciences., the professor, the manager. Chair «Physics and the applied mathematics»*)

The Murom institute (branch) of the Vladimir State University

DEVELOPMENT OF INFORMATION-EDUCATIONAL RESOURCE ON THE PHYSICS FOR STUDENTS OF TECHNICAL SPECIALTIES

In given article experience of developing information-educational resource on the physics for students of technical specialties. Demonstrated the structure of the resource and describes the principles of the algorithms of basic modules. Graphic models and the use case diagram are constructed.

Keywords: *information system; educational resource; educational methodical complex; independent work of the student; control of knowledge; didactic material; use case diagram; physics.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Kurnikov A.V. Informacionnaya sistema diagnostiki predmetnoj podgotovlennosti studenta // Materialy' Mezhdunarodnogo molodyozhnogo nauchnogo foruma «LOMONOSOV-2011» / otv. red. A.I. Andreev, A.V. Andriyanov, E.A. Antipov, M.V. Chistyakova [E'lektronny'j resurs]. – M.: MAKS Press, 2011. – 1 e'lektron. opt. disk (DVD-ROM); 12 sm. – Sistem. trebovaniya: PK s processorom 486+; Windows 95; diskovod DVD-ROM; Adobe Acrobat Reader. – URL: http://lomonosov-msu.ru/archive/Lomonosov_2011/1264/30941_91bd.pdf. ISBN 978-5-317-03634-8.
2. Kurnikov A.V. Razrabotka uchebno-metodicheskogo kompleksa novogo pokoleniya // VI Mezhdunarodnaya konferenciya «Strategiya kachestva v promy'shlenosti i obrazovanii» (4-11 iyunya 2010 g.). – Texnicheskij universitet, g. Varna, Bolgariya. – Materialy' v 4-x tomax. – Tom II. – Ch. 2 / T.S. Xoxlova, V.O. Xoxlov, Yu.O. Stupak. – Dnepropetrovsk-Varna, 2010. – S. 190-194. ISBN 978-966-1969-31-9.
3. An A.F. Osnovy' e'lektrodinamiki [E'lektronny'j resurs]: uchebnoe posobie / A.F. An, A.V. Samoxin, A.O. Kravchenko. – E'lektron. dan. i progr. – Murom: Izdat.-poligraf. centr MI VIGU, 2009. – 1 e'lektron. opt. disk (DVD-ROM). – Sistem. trebovaniya: IBM PC. Microsoft Windows 9x/XP/Vista. Adobe Acrobat Reader 6.0 Internet Explorer6.0. – Zagl. s e'krana. – Gos. registraciya № 0320900784. – Grif NMS po fizike MO i NRF.
4. An A.F., Samoxin A.V. Fizicheskie osnovy' mexaniki [E'lektronny'j resurs]: uchebnoe posobie. – M.: FIAN, 2007. – 1 CD-ROM. – Sistem. trebovaniya: IBM PC. Microsoft Windows 9x/2000/XP. Adobe Acrobat Reader 6.0. – Zagl. s e'tiketki diska. – Gos. registraciya № 0320702161.
5. An A.F., Samoxin A.V. Osnovy' sovremennoj fiziki [E'lektronny'j resurs]: uchebnoe posobie. – Murom: Izdat.-poligraf. centr MI VIGU, 2008. – 1 CD ROM. – Sistem. trebovaniya: IBM PC. Microsoft Windows 9x/2000/XP. Adobe Acrobat Reader 6.0. – Zagl. s e'tiketki diska. – Gos. registraciya № 0320800287.
6. Federal'ny'e gosudarstvenny'e obrazovatel'ny'e standarty' vy'sshego professional'nogo obrazovaniya po napravleniyam podgotovki bakalavriata. – Sajt Ministerstva obrazovaniya i nauki Rossijskoj Federacii [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://mon.gov.ru/dok/fgos/7198/>
7. Krasnyanskij M.N, Radchenko I.M. Osnovy' pedagogicheskogo dizajna i sozdaniya mul'timedijny'x obuchayushhix audio/video-materialov: uch.-met. posobie. – GOU VPO «Tambovskij gosudarstvenny'j texnicheskij universitet», 2006. – 55 s.
8. GOST R 52872-2007. Internet-resursy'. Trebovaniya dostupnosti dlya invalidov po zreniyu.

**АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ
И ПРОИЗВОДСТВАМИ**

УДК 658.52:681.51]:378.1

В.Ю. ПРЕСНЕЦОВА

**МЕТОДИКА ОРГАНИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ
СТРУКТУРНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ
И ПРОФЕССОРСКО-ПРЕПОДАВАТЕЛЬСКОГО СОСТАВА ВУЗА**

Предложена методика, которая способствует уменьшению трудоемкости управления и принятия решений администрацией ВУЗа по отношению к структурным подразделениям и профессорско-преподавательскому составу, автоматизации процедур визуального представления данных и формирования отчетов по любому запросу, прогнозированию деятельности и разработке рекомендаций.

Ключевые слова: управление; информационная система; адаптивная модель принятия решений; алгоритм экстраполяционного прогнозирования.

ВВЕДЕНИЕ

Деятельность любого высшего учебного заведения требует управления, без которого невозможно не только его эффективное функционирование и развитие, но и само существование. Существенное увеличение объема информации, поступающей к администрации ВУЗа, усложнение решаемых задач, необходимость учета большого числа взаимосвязанных факторов и быстро меняющейся обстановки требуют использования информационной системы поддержки принятия решений и оценки эффективности деятельности структурных подразделений и профессорско-преподавательского состава (ППС) ВУЗа. Информационная система (ИС) представляет собой форму организационного управления профессорско-преподавательским составом ВУЗа на базе новых средств и методов обработки данных, использования новых информационных технологий и апробированных моделей и алгоритмов.

**МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
СТРУКТУРНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ
И ПРОФЕССОРСКО-ПРЕПОДАВАТЕЛЬСКОГО СОСТАВА ВУЗА**

Разработана модель описания и оценки эффективности деятельности структурных подразделений ППС ВУЗа, которая основана на обобщенных показателях деятельности, и отличается возможностью формирования рекомендаций для альтернатив принятия решения об эффективности деятельности структурных подразделений ППС ВУЗа. Для каждого из агрегированных показателей уровней управления получены нормативные значения, с учетом которых можно производить расчет комплексных сравнительных оценок.

На рисунке 1 приведем модель оценки эффективности деятельности структурных подразделений ППС ВУЗа, где учитывается вклад, собранный из числа профессорско-преподавательского состава и состоящую из следующих этапов [1, 2]:

1 этап. Определение весовых коэффициентов обобщенных показателей по шкале Фишберна [3]:

$$W_i = \frac{2 \cdot (n - i + 1)}{(n + 1) \cdot n}.$$

2 этап. Определение оценок агрегированных групп показателей - K₁, K₂, K₃, K₄, K₅:

$$K_j = \sum_{i=1}^n x_i \cdot W_i,$$

где $i = 1, 2, \dots, n$, $j = 1, 2, \dots, 5$.

3 этап. Расчет комплексной сравнительной оценки:

$$K = \sum_{j=1}^5 K_j ,$$

где K_j – оценки агрегированных групп показателей, $j = 1, 2, \dots, 5$.

4 этап. Определение коэффициентов выполнения нормативных значений показателей:

$$KV = \frac{\sum_{j=1}^5 \frac{K_j}{A_j}}{5} ,$$

где K_j – оценки агрегированных групп показателей, A_j – нормативные значения показателей, $j = 1, 2, \dots, 5$.

5 этап. Определение критерия эффективности деятельности:

$$R = \frac{KV}{\sum_{j=1}^5 I_j} ,$$

где KV – коэффициенты выполнения нормативных значений показателей, I_j – индекс агрегированных групп показателей, $j = 1, 2, \dots, 5$.

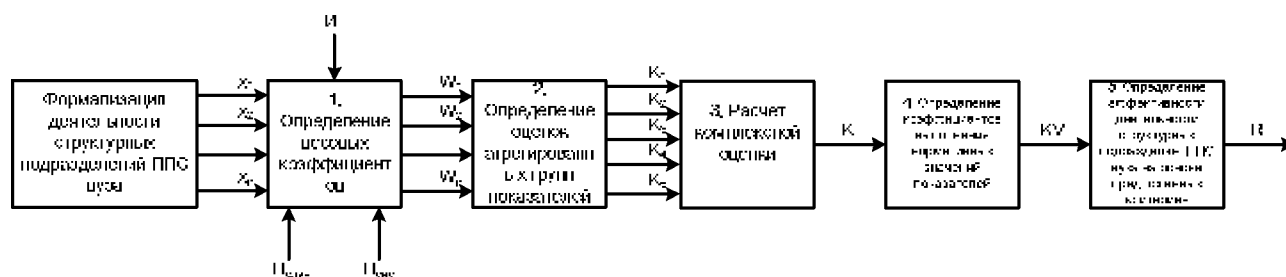


Рисунок 1 – Модель оценки эффективности деятельности структурных подразделений ППС ВУЗа,

где x_1, x_2, \dots, x_n – значения показателей работы ВУЗов; W_1, W_2, \dots, W_n – весовые коэффициенты показателей; K_1, K_2, K_3, K_4, K_5 – оценки агрегированных групп показателей; K – комплексная сравнительная оценки деятельности ВУЗа; $И$ – информация, необходимая экспертам; $Пслуч$ и $Псист$ – случайные и систематические погрешности, получаемые в результате квалитетрических измерений

АДАПТИВНАЯ МОДЕЛЬ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ВУЗЕ

Процесс управления предполагает построение модели принятия решений. В ВУЗе складывается иерархия целей, представляющая собой декомпозицию целей более высокого уровня в цели более низкого уровня. Каждое структурное подразделение, достигая своих целей, вносит определенный вклад в достижение целей ВУЗа в целом, исполнителями целей низкого уровня является профессорско-преподавательский состав.

При построении модели принятия решений были учтены следующие требования:

- адаптивность; на входе модели будут показатели деятельности, которые могут меняться с годами, а в качестве нормативных значений показателей будут выступать показатели аккредитации и лицензирования, формируемые Министерство образования и науки РФ.

- стабильность и удержание состояния, решаемые за счет использования информационной системы, которая позволит сократить расход времени на сбор и обработку информации пригодной для анализа и принятия решения.

- разработка эффективных управленческих решений осуществляется на логически построенной взаимосвязи – сравнении и анализе существующей нормы и фактического результата, поэтому главной задачей информационной системы является анализ и сравнение

конечного результата с установленной нормой и выработка оптимального управленческого решения, которое влияет на систему в целом или на отдельный ее элемент.

Разработанная адаптивная модель принятия решений в ВУЗе позволит описать процессы управления, протекающие в ВУЗе, построить уровни управления и адаптироваться к изменениям во внешней среде, чтобы ВУЗ мог добиваться поставленных целей и устойчиво развиваться. Адаптивная модель принятия решений в ВУЗе приведена на рисунке 2.

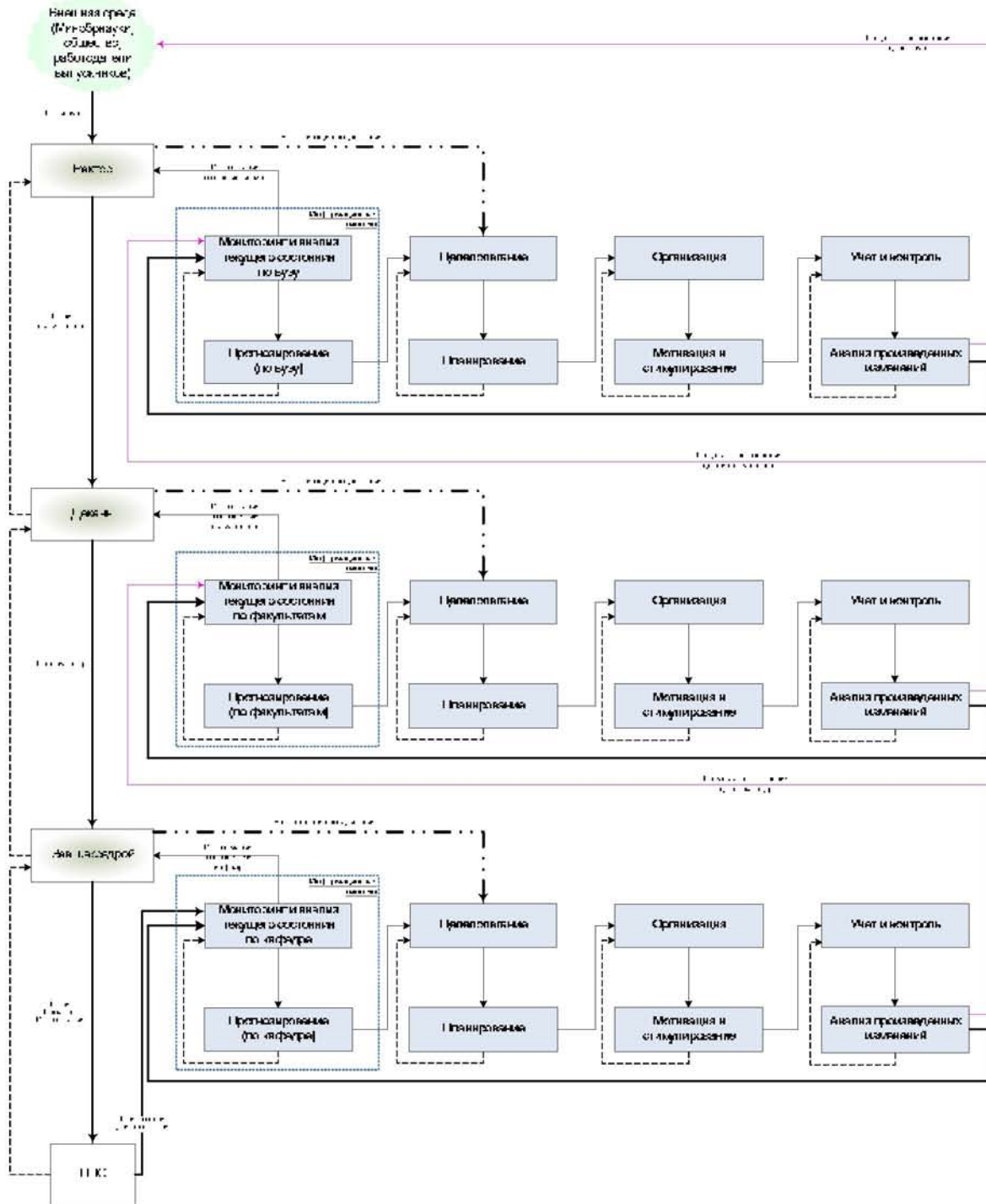


Рисунок 2 – Адаптивная модель принятия решений в ВУЗе

АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТРУКТУРНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ И ПРОФЕССОРСКО-ПРЕПОДАВАТЕЛЬСКОГО СОСТАВА ВУЗА

Одним из важных алгоритмов (рис. 3) при принятии решения является алгоритм оценки эффективности деятельности структурных подразделений и ППС ВУЗа.

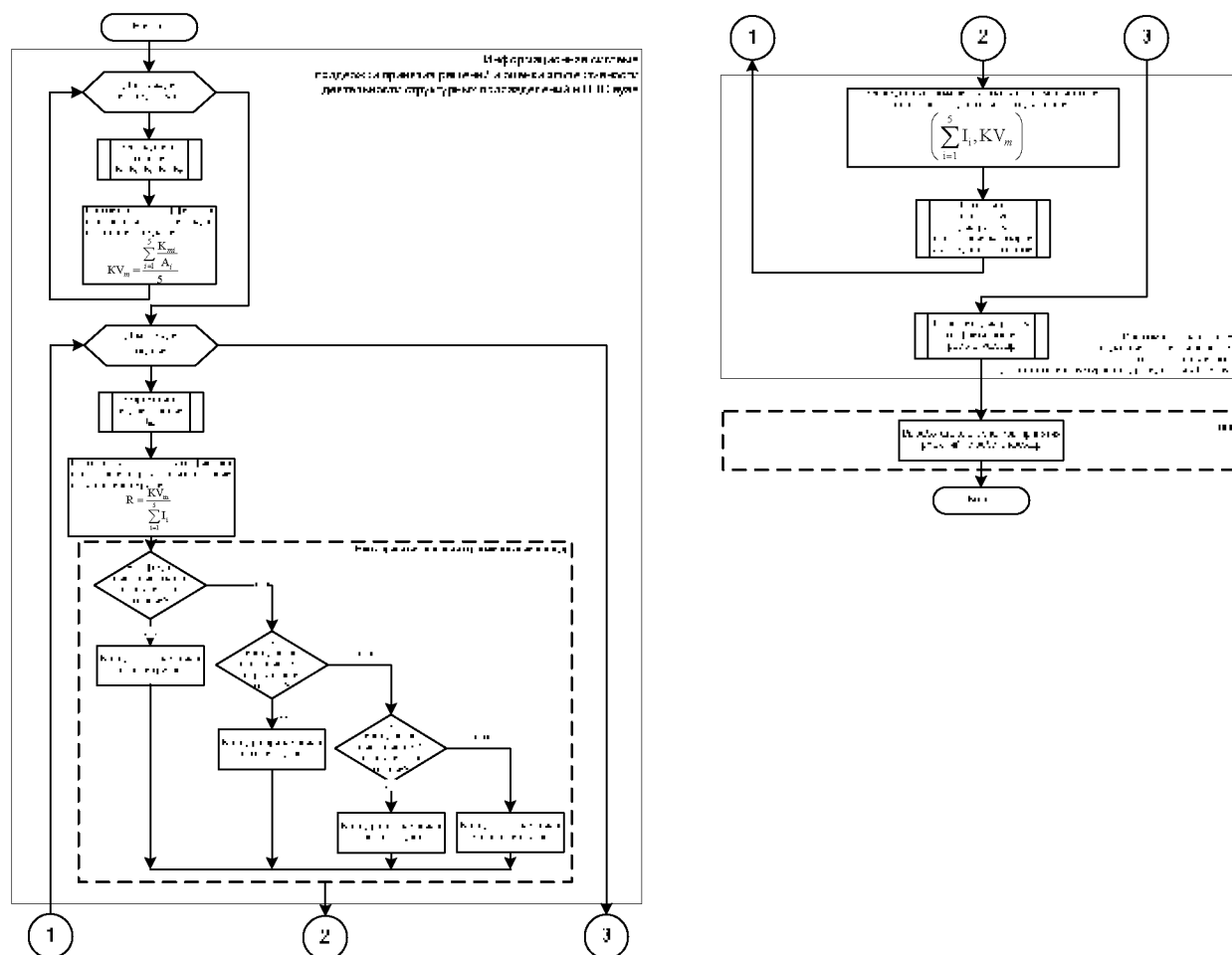


Рисунок 3 – Алгоритм оценки эффективности деятельности структурных подразделений и ППС ВУЗа

В результате реализации данного алгоритма формируется отчет и строится диаграмма эффективности работы структурных подразделений и ППС ВУЗа, которая отражает равномерность и стабильность выполнения всех показателей и определяет положение структурного подразделения и ППС ВУЗа на геометрической плоскости в виде точки с координатами – сумма индексов оценок и коэффициент выполнения нормативных показателей. Причем в зависимости от выполнения нормативных значений структурные подразделения и ППС ВУЗа делятся на группы и выделяются своим цветом. Такой способ оптической сигнализации был выбран не случайно: он напоминает светофор и заставляет руководителей на каждом уровне управления задуматься об эффективности работы своих подразделений и вовремя вырабатывать управляющие воздействия [4].

При реализации данного алгоритма отсутствует необходимость использовать дополнительные пакеты обработки статистической информации и затрачивать время на перенос данных из информационной системы в эти пакеты с последующим анализом.

АЛГОРИТМ ЭКСТРАПОЛЯЦИОННОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

Процесс принятия управленческих решений в ВУЗе непосредственным образом связан с закономерностью изменения процессов деятельности профессорско-преподавательского состава, общие тенденции развития которых явно и отчетливо отражаются рядами динамики. Для оценки будущих значений количественных показателей деятельности структурных подразделений и ППС ВУЗа разработан алгоритм экстраполяционного прогнозирования (рис. 4), позволяющий администрации ВУЗа проводить прогнозирование на основе выбора возможных альтернатив развития и ожидаемых результатов в будущем, анализ эффективности принятых управленческих решений и степень их реализации. Результат работы алгоритма экстраполяционного прогнозирования с периодом в 2 года приведен на рисунке 5.

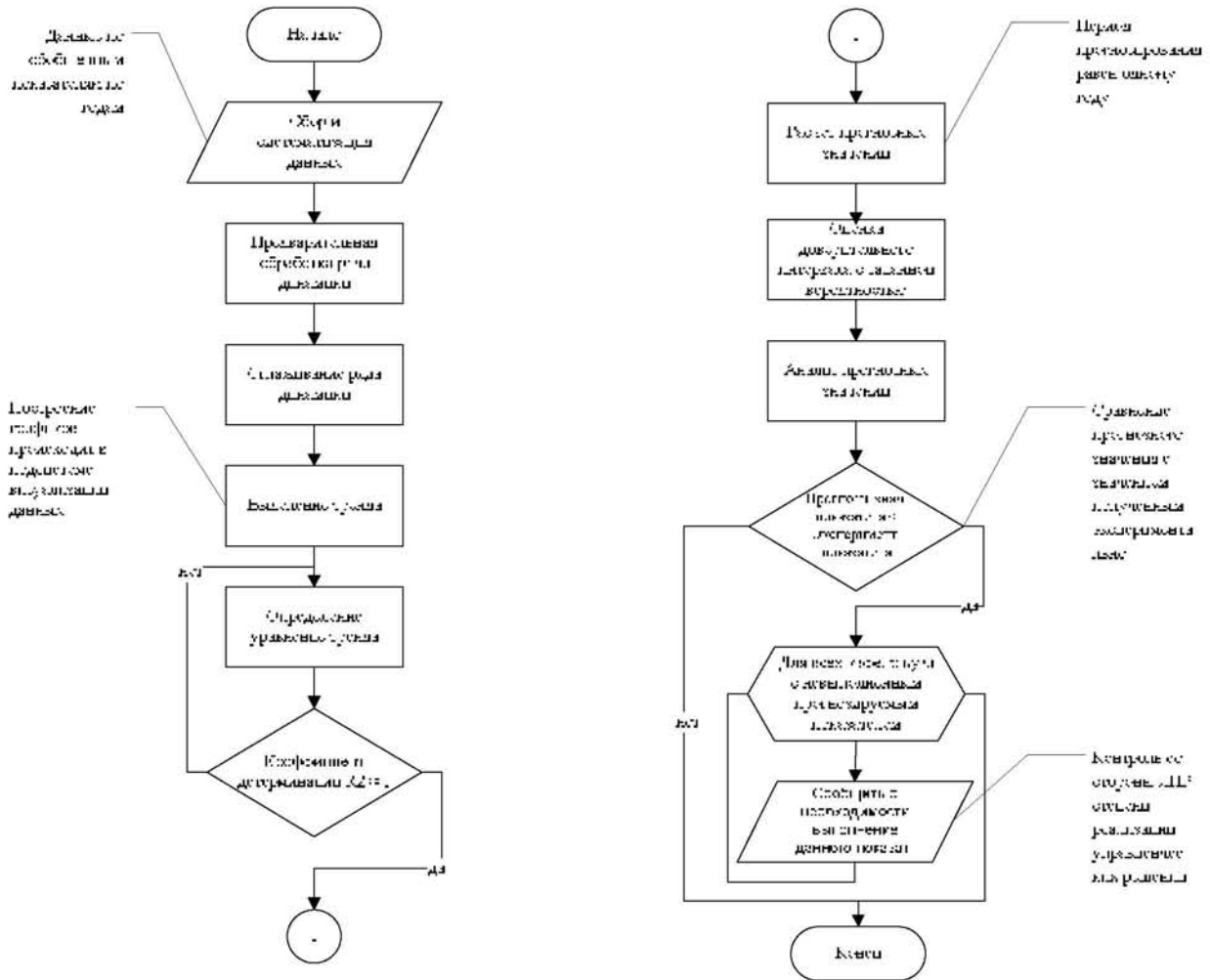


Рисунок 4 – Алгоритм экстраполяционного прогнозирования количественных показателей оценки эффективности деятельности структурных подразделений и ППС

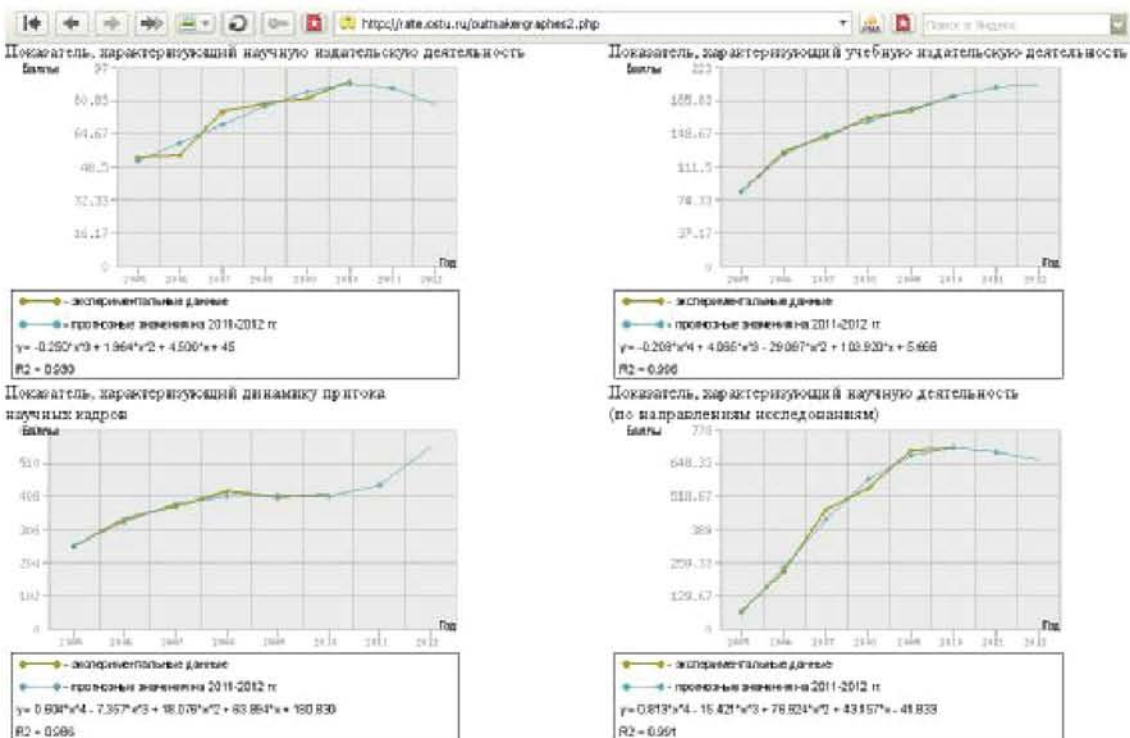


Рисунок 5 – Результат работы алгоритма экстраполяционного прогнозирования с периодом в 2 года

МЕТОДИКА ОРГАНИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ СТРУКТУРНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ И ПРОФЕССОРСКО-ПРЕПОДАВАТЕЛЬСКОГО СОСТАВА ВУЗА

На основе анализа алгоритмов и построенных моделей разработана общая методика организации управления деятельностью структурных подразделений и ППС ВУЗа (рис. 6).

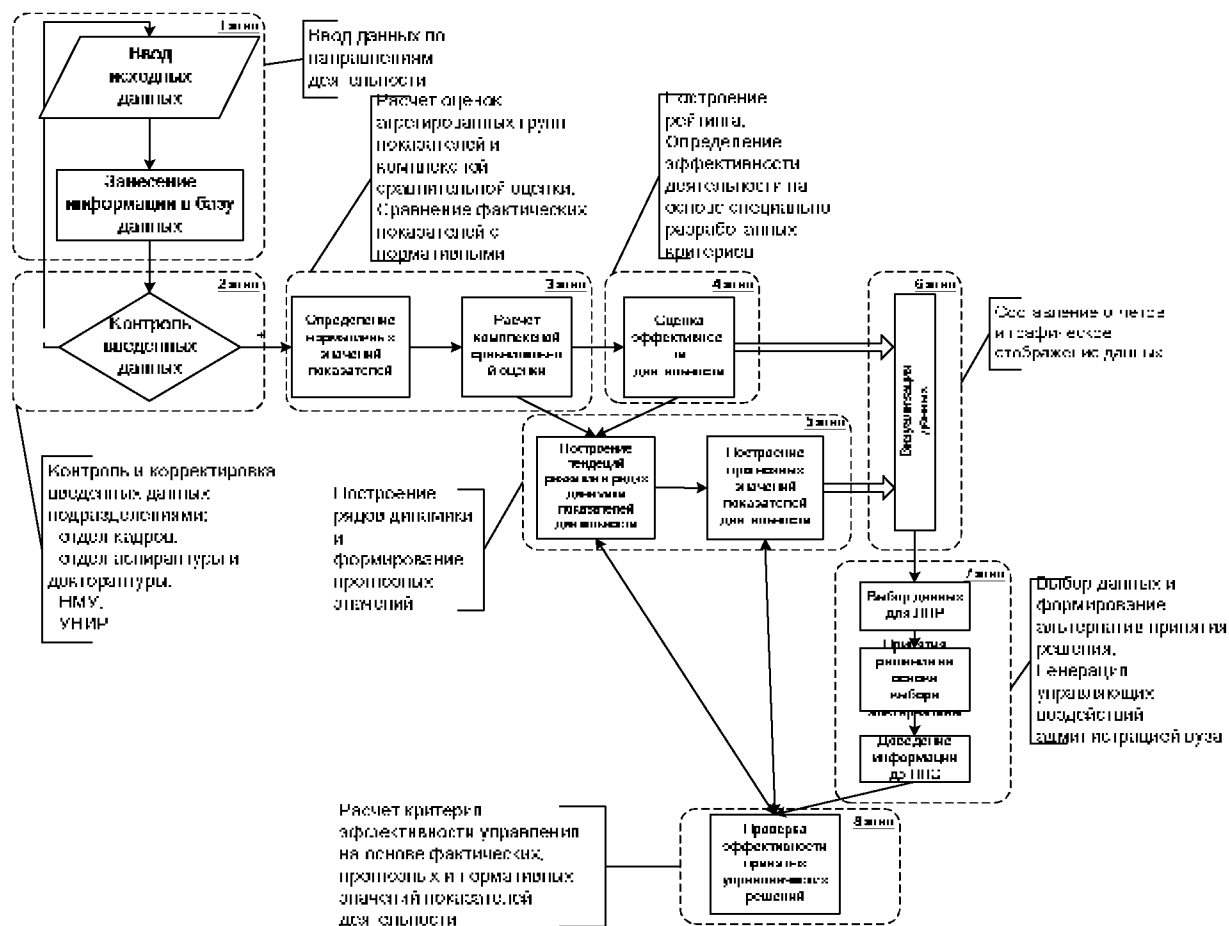


Рисунок 6 – Методика организации управления деятельностью структурных подразделений и ППС ВУЗа

Методика организации управления деятельностью структурных подразделений и ППС ВУЗа позволит проводить прогнозирование на основе выбора возможных альтернатив развития и ожидаемых результатов в будущем, анализ эффективности принятых управленческих решений и степень их реализации [2].

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ И ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТРУКТУРНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ И ПРОФЕССОРСКО-ПРЕПОДАВАТЕЛЬСКОГО СОСТАВА ВУЗА

Информационная система поддержки принятия решений и оценки эффективности деятельности структурных подразделений и ППС ВУЗа представляет собой веб-приложение. Экспериментальная апробация информационной системы проводилась в естественных условиях в течение шести лет на кафедрах в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Государственный университет – УНПК» [5]. Информационная система основана на качественных характеристиках:

- многофункциональность и динамичность за счет легкой адаптации системы к различным типам образовательных учреждений, а также к другим предприятиям;

- адаптивность системы к меняющимся внешним условиям, таким, как замена аккредитационных показателей, выпуск новых законов и т.д.
- уменьшение трудоемкости принятия решений администрацией ВУЗа за счет автоматизации процедур визуального представления данных и автоматического формирования отчетов по любому запросу;
- рациональное принятие управленческих решений по отношению к профессорско-преподавательскому составу за счет обоснованных разработанных методик, корректно использованного программного и математического аппарата.

ВЫВОДЫ

Исследование функционирования информационной системы поддержки принятия решений и оценки эффективности деятельности структурных подразделений и ППС ВУЗа позволило выявить динамику развития, сформировать прогнозные оценки и альтернативы принятия решения и выработать своевременные управляющие воздействия. Проведенный анализ позволил выявить положительное влияние информационной системы на деятельность структурных подразделений ППС, по сравнению с прошлыми годами на 20% увеличилось количество изданных монографий, на 31% количество изданных учебников, на 52% – количество выпущенных статей и на 30% количество проведенных научно-исследовательских работ. На рисунке 7 представлена динамика изменения количественных показателей Государственного университета – УНПК за 2009-2010 гг. На диаграмме видно, что все показатели превышают нормативные значения и это говорит о том, что ВУЗ обладает возможностями для дальнейшего развития.

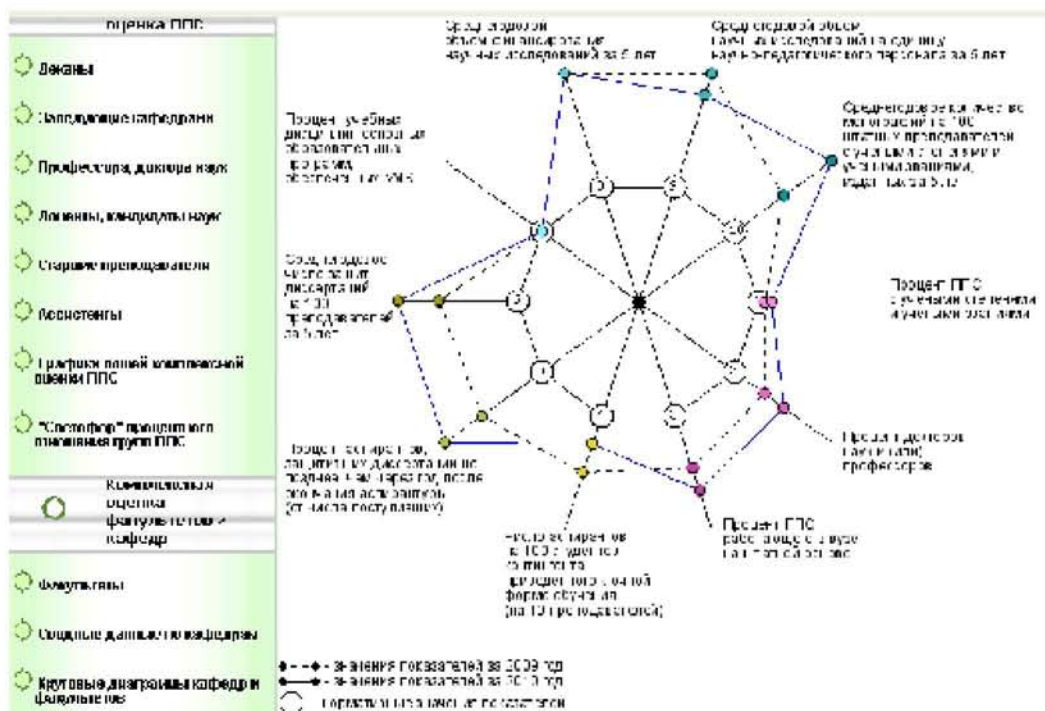


Рисунок 7 – Динамика изменения количественных показателей ФГБОУ ВПО «Государственного университета – УНПК» за 2009-2010 гг.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Азгальдов Г.Г. Количественная оценка качества продукции – квалиметрия (Некоторые актуальные проблемы). Г.Г. Азгальдов. Обобщенные показатели при исследовании сложных систем /И.Б. Погожев, В.Л. Аничкина. Организационное обеспечение качества конструкторских разработок: в помощь слушателям семинара по надежности и прогрессивным методам контроля качества пром. изделий при Политехн. музее / В.П. Баранчев. – Гос. ком. СССР по стандартам. Всесоюз. совет науч.-техн. о-в. – М.:

- Знание, 1986. – 116 с.
2. Преснецова В.Ю., Пилипенко О.В. Моделирование оценки эффективности деятельности структурных подразделений и профессорско-преподавательского состава ВУЗа // Материалы междунар. науч.-тех. интернет-конференции «Информационные системы и технологии», апрель-май 2011 г. – Орел, 2011. – Т.3. – С. 94-99.
 3. Трухаев Р.И. Модели принятия решений в условиях неопределенности. – М.: Наука, 1981. – 257 с.
 4. Преснецова В.Ю. К методике классификации кафедр ВУЗа на основе использования автоматизированной информационной системы оценки деятельности факультетов, кафедр и профессорско-преподавательского состава ВУЗов / В.Ю. Преснецова, О.В. Пилипенко, Л.Ю. Фроленкова // Информационные технологии в науке, образовании и производстве. – ИТНОП-2010. – В 5-ти т. – Т. 4: материалы IV-й междунар. науч.-техн. конф., 22-23 апреля 2010 г. – Орел, 2010. – С. 87-93.
 5. Преснецова В.Ю., Пилипенко О.В. Концепция использования кроссплатформенного программного обеспечения для оценки деятельности профессорско-преподавательского состава ВУЗа // Новые образовательные технологии в ВУЗе. – В 2 ч. – Ч. 1: сб. матер. седьмой междунар. науч.-метод. конф., 8-10 февраля 2010 г. – Екатеринбург, 2010. – С. 111-114.

Преснецова Виктория Юрьевна

ФГБОУ ВПО «Государственный университет – УНПК», г. Орел
Ассистент кафедры «Информационные системы»
Тел.: 8 (4862) 41-98-34
E-mail: alluvian@mail.ru

V.Yu. PRESNETSOVA (*Assistant of the department «Information systems»*)
State University – ESPC, Orel

TECHNIQUE OF ORGANIZATION MANAGEMENT ACTIVITY OF ORGANIZATION DEVELOPMENT AND TEACHING STAFF OF INSTITUTE OF HIGHER EDUCATION

The information system which promotes diminution of labour-intensiveness of management and decision-making by institute of higher education administration in relation to organization development and teaching staff, automation of procedures display and formation of reports by any query, forecasting of activity and working out of recommendations and techniques acceptance of administrative decisions is offered.

Keywords: *management; information system; adaptive decision model; extrapolation prediction algorithm.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Azgal'dov G.G. Kolichestvennaya ocenka kachestva produkcii – kvalimetriya (Nekotory'e actual'ny'e problemy'). Obobshhenny'e pokazateli pri issledovanii slozhny'x sistem / I.B. Bozhegov, V.L. Anichkina. Organizacionnoe obespechenie kachestva konstruktorskix razrabotok: v pomoshh' slushatelyam seminaru po nadyozhnosti i progressivny'm metodam kontrolya kachestva prom. izdelij pri Politexn. muzee / V.P. Barancheev. – Gos. kom. SSSR po standartam. Vsesoyuz. sovet nauch.-texn. o-v. – М.: Znanie, 1986. – 116 с.
2. Presnecova V.Yu., Pilipenko O.V. Modelirovanie ocenki e'ffektivnosti deyatel'nosti strukturny'x podrazdelenij i professorsko-prepodavatel'skogo sostava VUZa // Materialy' mezhdunar. nauch.-tex. internet-konferencii «Informacionny'e sistemy' i tehnologii», aprel'-maj 2011 g. – Oryol, 2011. – Т. 3. – С. 94-99.
3. Truxaev R.I. Modeli prinyatiya reshenij v usloviyax neopredelyonnosti. – М.: Nauka, 1981. – 257 с.
4. Presnecova V.Yu. K metodike klassifikacii kafedr VUZa na osnove ispol'zovaniya avtomatizirovannoj informacionnoj sistemy' ocenki deyatel'nosti fakul'tetov, kafedr i professorsko-prepodavatel'skogo sostava VUZov / V.Yu. Presnecova, O.V. Pilipenko, L.Yu. Frolenkova // Informacionny'e tehnologii v nauke, obrazovanii i proizvodstve. – ITNOP-2010. – В 5-ти т. – Т. 4: materialy' IV-j mezhdunar. nauch.-texn. конф., 22-23 aprelya 2010 g. – Oryol, 2010. – С. 87-93.
5. Presnecova V.Yu., Pilipenko O.V. Loncepciya ispol'zovaniya krossplatformennogo programmnoo obespecheniya dlya ocenki deyatel'nosti professorsko-prepodavatel'skogo sostava VUZa // Novy'e obrazovatel'ny'e tehnologii v VUZe. – В 2 ch. – Ch. 1: sb. mater. sed'moj mezhdunar. nauch.-metod. конф., 8-10 fevralya 2010 g. – Ekaterinburg, 2010. – С. 111-114.

А.Г. ДУБРОВИН

СПОСОБ ДИНАМИЧЕСКОГО РЕЗЕРВИРОВАНИЯ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ В СПУТНИКОВЫХ СЕТЯХ ИНТЕРАКТИВНОГО ДОСТУПА

Предложен способ формирования запроса динамического резервирования пропускной способности частотно-временного плана суперфрейма, обеспечивающий эффективное использование ресурса выделенного спутниковой сетью интерактивного доступа.

Ключевые слова: выделение ресурса по требованию; спутниковая связь; субтрактивная кластеризация; локальная регрессия; прогнозирование скорости потока; метод множителей Лагранжа.

ВВЕДЕНИЕ

Увеличению объемов передаваемого в корпоративных сетях спутниковой связи мультимедийного трафика обусловило необходимость интеграции технических решений по передаче мультимедийного трафика с удаленных спутниковых терминалов на основе методов пакетной коммутации.

Используемое в спутниковых сетях связи оборудование зарубежных производителей компаний Hughes Network Systems, ViaSat, iDirect, Comtech EF Data, Memotec, EADS Astrium, Gilat, базирующееся на спецификациях стандартов DVB-RCS [1] и IPoS [2], позволило реализовать современные VSAT-технологии и объединить решения по передаче речи и данных.

В условиях высокой стоимости аренды частотно-энергетического ресурса спутниковых ретрансляторов задача разработки способов резервирования пропускной способности ретранслятора, обеспечивающих эффективное использование ресурса, является актуальной.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

При реализации в сетях спутниковой связи интерактивного доступа механизма выделения пропускной способности по требованию (BoD – Bandwidth on Demand) каждому спутниковому терминалу сети (СТ) динамически выделяются частотно-временные слоты в соответствии с поступающими от СТ запросами динамического резервирования $R_{req}(k)$, передаваемыми на ЦС с интервалом, кратным длительности суперфрейма T_{sfr} (рис. 1).

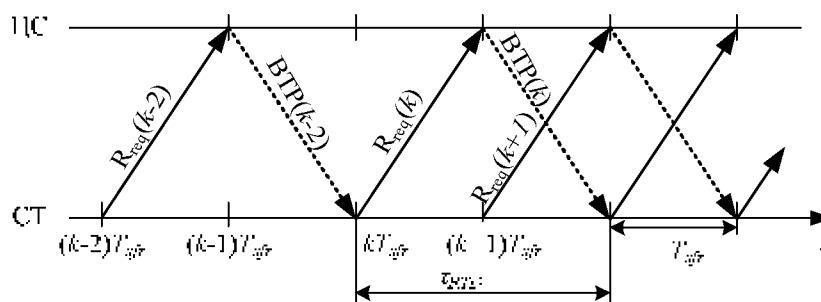


Рисунок 1 – Способ предоставления ресурса по требованию (BoD) в сетях спутниковой связи интерактивного доступа

Центральная станция сети (ЦС), обрабатывая поступившие от всех СТ запросы резервирования, производит распределение доступного ресурса пропускной способности между терминалами и доводит до них полученное распределение в виде частотно-временного плана передачи (ВТР – Burst Time Plan).

Анализ рассмотренного способа динамического резервирования ресурса показывает, что одним из недостатков является значительная инерционность процесса выделения ресурса

пропускной способности на поступивший запрос, которая в совокупности со стохастичностью изменения интенсивности поступления пакетного трафика в буфер спутникового терминала приводит к снижению устойчивости резервирования пропускной способности сети. В связи с этим актуально решение задачи формирования динамического запроса ресурса пропускной способности, обеспечивающего минимальную избыточность с целью обеспечения качественных характеристик передаваемого пакетного трафика.

Для *RBDC* трафика [1], критичного к временной задержке передачи $\bar{\tau}_d(t)$, формирование запроса динамического резервирования ресурса пропускной способности $R_{req,i}(t)$ производится на основе оценки скорости поступления пакетных данных $R_{in}(t)$.

Эффективность использования ресурса сети спутниковым терминалом на *MAC* уровне определяется исходя из объема поступивших в буфер терминала пакетных данных и сформированного терминалом запроса на выделение ресурса:

$$\gamma_{MACj}(T_{sfr}) = \frac{R_{MACj}(T_{sfr})}{R_{REQj}(T_{sfr})} \quad (1)$$

Поскольку получение спутниковым терминалом ресурса на отправленный запрос с учетом времени распространением сигнала в спутниковом канале, времени обработки запроса и формирования плана *BTP* ЦС составляет величину не менее 450-500 мс (рис. 1), то обеспечить требуемое качество обслуживания пакетного трафика возможно только при дополнительном резервировании пропускной способности.

Формирование в терминале запроса на выделение ресурса производится на основе заполненности буфера терминала и оценки скорости поступления пакетных данных:

$$R_{req}[kT_{sfr}] = \max \left[\frac{q(kT_{sfr})}{T_{sfr}} + \sum_{l=1}^{lT_{sfr} \leq \tau_{RTD}} \hat{R}_{in}^{(\alpha)}((k+l)T_{sfr}) - \sum_{l=1}^{lT_{sfr} \leq \tau_{RTD}} R_{req}((k-l)T_{sfr}), 0 \right] + \dots + \hat{R}_{in}^{(\alpha)}((k+1)T_{sfr} + \tau_{RTD}) \quad (2)$$

где: $q(kT_{sfr})$ – размер очереди на k -м тактовом интервале;

$\hat{R}_{in}^{(\alpha)}(k)$ – скорость поступления пакетов в буфер терминала;

T_{sfr} – период суперфрейма;

α – квантиль распределения прогнозируемых значений скорости, характеризующих избыточность резервирования.

Таким образом, решение задачи повышения эффективности использования выделенного спутниковому терминалу сетью спутниковой связи ресурса пропускной способности заключается в достижении максимума целевого функционала (1):

$$\{\tilde{\gamma}\} = \frac{1}{K} \sum_{K \rightarrow \infty} \gamma(kT_{sfr}) \xrightarrow{\tilde{R}_{in}, \tilde{Q}, \alpha} \max \quad (3)$$

при обеспечении требований к качеству обслуживания пакетного трафика:

$$\bar{\tau}_d(k) \leq \bar{\tau}_d^*; \Delta \bar{\tau}_d(k) \leq \Delta \bar{\tau}_d^*; \tilde{P}_l \leq P \quad (4)$$

СПОСОБ РЕШЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Анализ известных способов резервирования пропускной способности [3, 4] показывает, что они ориентированы на использование статических схем резервирования, исходя из обеспечения передачи трафика с пиковой скоростью, что приводит к значительным процентам неиспользуемой пропускной способности спутникового канала, в то же время результаты экспериментов показывают, что резервирование пропускной способности под априорно известные, статистически усредненные характеристики источника пакетного трафика не гарантирует достижения высокого коэффициента

использования пропускной способности и может привести к ухудшению качества сетевого обслуживания.

Сформулированная задача относится к классу задач нелинейного целочисленного программирования. Строгое решение подобных задач оптимизации связано с нахождением стохастических функциональных зависимостей, характеризующих динамику изменения частных показателей качества сетевого обслуживания и эффективности использования ресурса. Одним из способов решения данного класса задач является метод множителей Лагранжа.

Для составления функции Лагранжа представим значения коэффициента использования пропускной способности, задержки и джиттера задержки на длительности k -го суперфрейма, как функция от среднего объема пакетов в буфере – $q(k)$, количество поступивших пакетов в буфере на длительности k -го суперфрейма – $R_{in}(k)$, контролируемых средствами сетевого мониторинга переменных, с учетом конфигурируемого параметра α характеризующего избыточность резервируемой пропускной способности.

С учетом введенных переменных эффективность использования ресурса может быть представлена в виде функции от значимых переменных:

$$\gamma(k) = f_1(q, R_{in}, \alpha, k) \quad (5)$$

при обеспечении частных показателей качества сетевого обслуживания и эффективности использования ресурса:

$$\bar{\tau}_d(k) = f_2(q, R_{in}, \alpha, k), \quad (6)$$

$$\Delta \bar{\tau}_d(k) = f_3(q, R_{in}, \alpha, k). \quad (7)$$

Использование метода множителей Лагранжа позволяет привести задачу условной оптимизации к безусловной в виде функции Лагранжа:

$$L(\alpha, \lambda_0, \lambda) = \lambda_0 \gamma(\alpha) + \sum_{j=1}^m \lambda_j g_j(\alpha), \quad (8)$$

где λ_0, λ – множители Лагранжа, $g_j(\alpha)$ – функция-ограничения (6, 7) вида $g(\alpha) \leq 0$.

Решение функции (8) будет возможно, если данная функция будет удовлетворять условию двойной дифференцируемости.

Последовательное решение сформулированной оптимизационной задачи достигается восстановлением функциональных зависимостей (5-7) от элементов независимой выборки $\{q, R_{in}, \alpha, k\}$ путем построения уравнений локальной регрессии:

$$y_z(kTsfr + \tau_{rd}) = \sum_i \sum_l \alpha_{z,i} x_{z,i} ((k-l)Tsfr) + \beta_z, \quad \forall y \in Y, x \in X \quad (9)$$

для z -центров группированных наборов независимых переменных и последующем их комплексировании в единой нелинейной аппроксимирующей функции с помощью процедуры их условного усреднения:

$$y(x) = \sum_z y_z \varpi(x) = \frac{\sum_{z=1}^M y_z(x) \Phi \left[\frac{x_i - c_i^z}{s_i^z} \right]}{\sum_{z=1}^M \Phi \left[\frac{x_i - c_i^z}{s_i^z} \right]}, \quad (10)$$

где z – число кластеров, для которых осуществляется формирование уравнений линейной аппроксимации; $y(x)$ – линейные функции регрессии, которые могут быть получены в результате статистической обработки экспериментальных данных.

Для оценки весов $\varpi(x)$ ядерные функции $\Phi(x)$, определяющие степень близости произвольных значений вектора независимых переменных к центрам группирования $z = \overline{1, Z}$, должны удовлетворять условиям положительности, симметричности и нормированности.

Применяемые итерационные однопроходные процедуры субтрактивной кластеризации с определением центров $\bar{x}_{z,i}$ и радиусов $C_{z,i}$ кластеров, нахождения коэффициентов системы аппроксимирующих функций (9) и последующего их комплексирования обладают низкой вычислительной сложностью и применимы для оптимизации процесса динамического резервирования в реальном времени.

Для вычисления оптимальных значений квантиля прогноза методом неопределенных множителей Лагранжа могут использоваться стандартные файл-функции пакета Optimization Toolbox среды Matlab.

С помощью оптимизационных функций определен квантиль распределения прогнозных значений скорости поступления пакетных данных, обеспечивающий максимальное значение коэффициента использования пропускной способности (рис. 4), при удовлетворении требований по задержке $\bar{\tau}_d(k) \leq 10$ мс (рис. 2) и джиттеру задержки $\Delta\bar{\tau}_d(k) \leq 25$ мс (рис. 3).

Проведенные расчеты показали, что заданные требования по задержке и джиттеру задержки будут удовлетворены при значении квантиля распределения прогнозных значений скорости поступления пакетных данных, равном 0,827, и при значении КИП, равном 0,568.

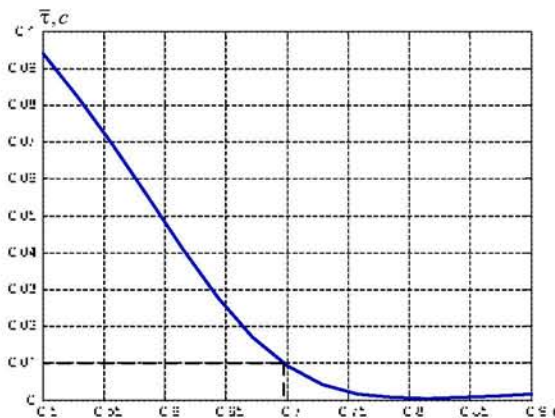


Рисунок 2 – Зависимость задержки передачи PDU от значения квантиля распределения

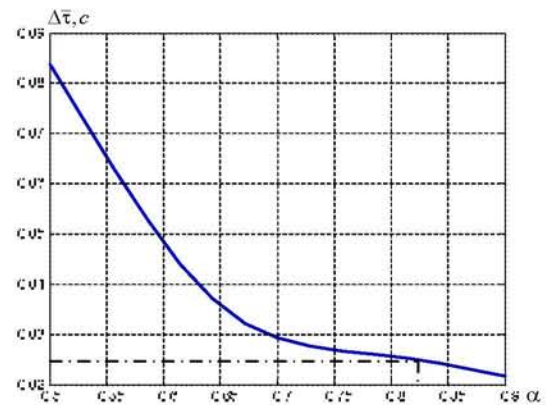


Рисунок 3 – Зависимость джиттера задержки передачи PDU от значения квантиля распределения

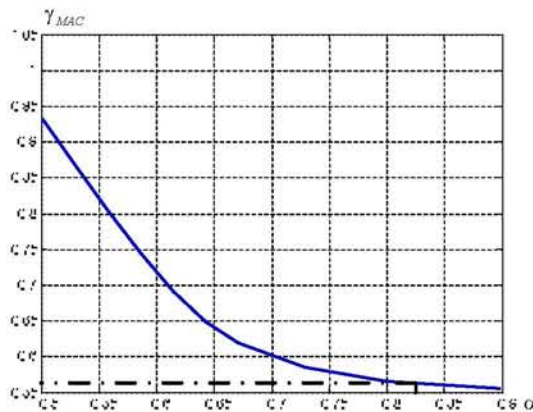


Рисунок 4 – Зависимость коэффициента использования резервируемой пропускной способности от значения квантиля распределения прогнозируемых значений скорости

Результирующий выигрыш в сравнении с известными алгоритмами резервирования (по медианному MRR и пиковому PRR значению прогноза) представлен на рисунках 5-8.

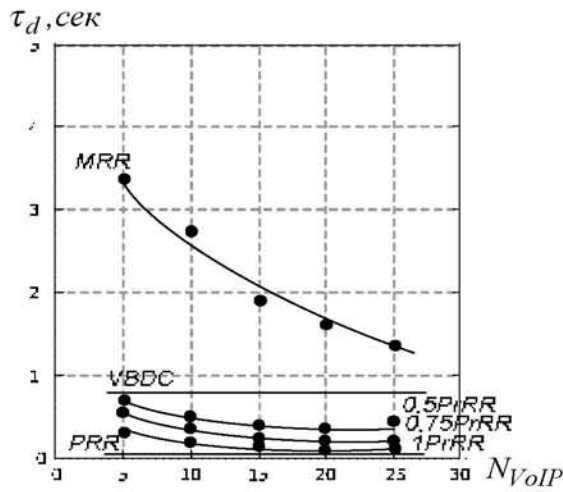


Рисунок 5 – Зависимость среднего времени задержки от числа источников

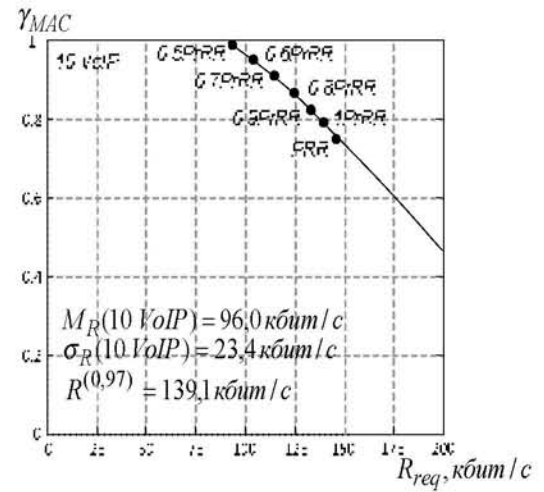


Рисунок 6 – Зависимость КИП на MAC-уровне от скорости цифрового потока

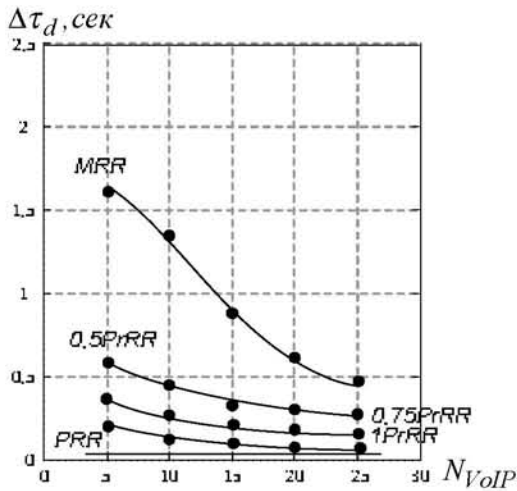


Рисунок 7 – Зависимость среднего джиттера задержки от числа источников

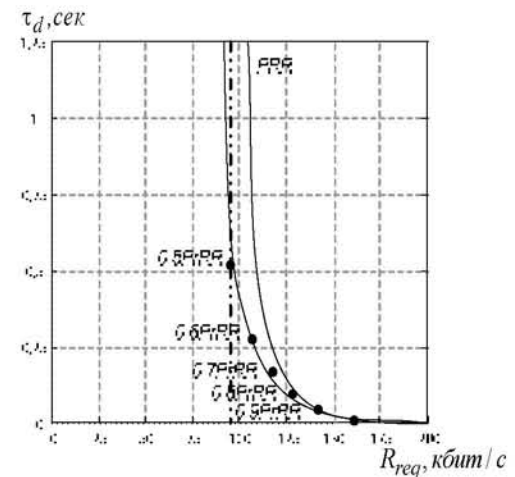


Рисунок 8 – Зависимость среднего времени задержки от скорости цифрового потока

Из представленных результатов следует, что полученные значения коэффициента использования пропускной способности при применении разработанного алгоритма находится в интервале значений КИП для схем RBDC и VBDC. В зависимости от степени прогнозирования динамики поступающего трафика выигрыш в эффективности использования ресурса пропускной способности при обеспечении заданных требований по задержке, джиттеру задержке по сравнению с применяемыми в VSAT известными способами резервирования установлен в диапазоне 5...20%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование в сетях спутниковой связи методов пакетной коммутации при передаче мультимедийного трафика требует применения гибких алгоритмов, реализующих механизмы *VoD*, обеспечивающих высокую степень использования арендуемого частотно-временного ресурса сети.

Разработанный способ учитывает стохастический характер изменения интенсивности поступления пакетного трафика в буфер спутникового терминала и позволяет повысить коэффициент использования пропускной способности спутниковой сети интерактивного

доступа путем управления квантилем распределения, обеспечивая требуемое качество сервиса QoS передаваемого трафика.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ETSI EN 301 790 (V1.3.1) Digital Video Broadcasting (DVB); Interaction Channel for Satellite Distribution Systems, 2003.
2. IP Over Satellite (IPoS), Telecommunications Industry Association (TIA-1008). Standards & Technology Department, 2003.
3. Karaliopoulos M. Support of Elastic TCP Traffic over Broadband Geostationary Satellite Networks. – University of Surrey, 2004. – 259 p.
4. Modiano E. Dynamic Resource Allocation Strategy for Satellite Communication/ E. Modiano, A. Narula-Tam, T. Macdonald, L. Servi. – IEEE Infocom. June, 2005.

Дубровин Александр Георгиевич

Академия ФСО России, г. Орел

Преподаватель

Тел.: 8 906 662 90 45

E-mail: dubrovin1973@mail.ru

A.G. DUBROVIN (*The teacher of high school*)
The Federal Guard Service Academy of Russia, Orel

A DYNAMIC RESOURCE ALLOCATION METHOD OF THE LINK CAPACITY IN INTERACTIVE SATELLITE COMMUNICATION NETWORKS

A method for making dynamic capacity request of burst time plan is proposed for improving resource allocation of satellite multimedia interactive networks.

Keywords: *resource allocation on demand; satellite communication; subtractive clustering; local regression; forecasting the flow rate; method of Lagrange multipliers.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. ETSI EN 301 790 (V1.3.1) Digital Video Broadcasting (DVB); Interaction Channel for Satellite Distribution Systems, 2003.
2. IP Over Satellite (IPoS), Telecommunications Industry Association (TIA-1008). Standards & Technology Department, 2003.
3. Karaliopoulos M. Support of Elastic TCP Traffic over Broadband Geostationary Satellite Networks. – University of Surrey, 2004. – 259 p.
4. Modiano E. Dynamic Resource Allocation Strategy for Satellite Communication/ E. Modiano, A. Narula-Tam, T. Macdonald, L. Servi. – IEEE Infocom. June, 2005.

УДК 004.7, 004.272.44

С.А. ЛАЗАРЕВ, А.В. ДЕМИДОВ

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАТНОГО ПРОКСИРОВАНИЯ В РАМКАХ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫМ ОБМЕНОМ СЕТИ КОРПОРАТИВНЫХ ПОРТАЛОВ

В данной статье рассмотрены решения по построению подсистемы разграничения доступа к Web-порталам. Представлено описание модели взаимодействия компонентов системы при обработке пользовательских запросов к ресурсам порталов на основе URI (Uniform Resource Identifier) с использованием сценариев перенаправления и поддержки сеансов пользователя в режиме обратного проксирования.

Ключевые слова: шаблоны проектирования; управление доступом к информации; авторизация пользователей; обратный прокси-сервер; корпоративный портал.

ВВЕДЕНИЕ

Концепция построения системы управления информационным обменом сети корпоративных порталов [1] предполагает реализацию обмена информацией между корпоративными учреждениями и предоставления доступа к данным через Web-порталы в сети Интернет, обеспечивая при этом надежную защиту информации от несанкционированного доступа. Для построения системы соответствующей описанной концепции необходимо решить ряд задач. Одной из таких задач является перехват, анализ и перераспределение HTTP-трафика между ресурсами порталов, контролируемым сервером доступа. Решение указанной задачи требует разграничения доступа к информационным ресурсам, организационных и технических решений. Одним из вариантов является использование фронтального Web-сервера в качестве *обратного прокси-сервера (reverse proxy-server)*. В этом случае реализуется механизм включения дополнительного устройства между сетью Интернет и основным Web-сервером. Обратный прокси-сервер выполняет функции защиты внутреннего периметра от внешних угроз на основе фильтрации запросов, балансировки нагрузки на внутренние сервера, межсетевое экранирование трафика и его туннелирования с функцией криптографической защиты.

Необходимость масштабирования и тиражирования данного программно-технического решения для построения сетей порталов определяет целесообразность разработки типовой схемы реализации *прокси-сервера* доступа. В современной практике проектирования и построения программных систем стандартом де-факто стал объектно-ориентированный подход, основанный на выделении повторяющихся архитектурных конструкций – *шаблонов проектирования (design pattern)* [2-4].

ОПИСАНИЕ ШАБЛОНОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, ОПИСЫВАЮЩИХ ОБРАТНЫЙ ПРОКСИ-СЕРВЕР

В работе [5] приводятся шаблоны проектирования, реализующие обратный прокси-сервер в различных контекстах: обратный прокси-сервер в контексте обеспечения безопасности, интегрирующий прокси-сервер. Эти шаблоны выходят за рамки базовых шаблонов проектирования описанных в [3]: «адаптер» (adapter), «мост» (bridge), «компоновщик» (composite), «декоратор» (decorator), «фасад» (facade), «приспособленец» (flyweight), «заместитель» (proxy). Шаблоны проектирования, описанные в [4], затрагивают вопросы интеграции корпоративных приложений, но не описывают возможности использования обратного прокси-сервера. Следовательно, необходимо, ориентируясь на существующие и применяемые при проектировании и программной разработке шаблоны, встроить в систему фронтальный Web-сервер.

Обычно в схеме доступа к серверу по протоколу HTTP присутствует брандмауэр. В соответствии с моделью сетевого взаимодействия для работы по данному протоколу брандмауэром разрешается использование 80-го порта, стандартного для протокола HTTP. Тем самым внешний пользователь получает непосредственный доступ к основному Web-

серверу, что даёт возможность использовать уязвимости его программного обеспечения (рис. 1, а). При этом все аспекты вопросов обеспечения безопасности и контроля доступа должны решаться на самом Web-сервере. В контексте же построения сети порталов возникает задача унификации схемы представления, хранения информации и системы доступа к ней в различных организациях и предприятиях, что является крайне трудоемким и дорогостоящим способом решения проблемы, поскольку порталы организаций имеют различную структуру и реализованы на разных аппаратно-программных платформах с помощью различных, иногда несовместимых, технологий.

В рамках предложенной концепции построения сети порталов целесообразно использовать фронтальный Web-сервер (здесь он выступает как *обратный прокси-сервер в контексте обеспечения безопасности (security reverse proxy)*), расположив его, как показано на рисунке 1, б, который будет дополнительно решать задачи внутреннего брандмауэра.

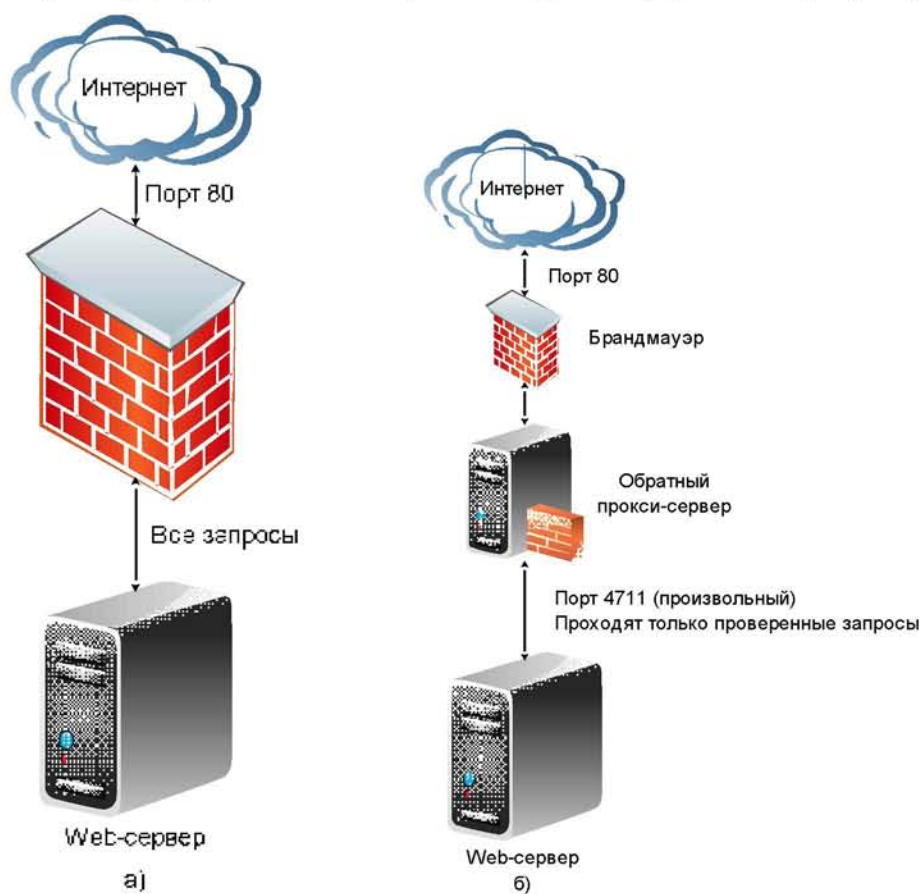


Рисунок 1 – а) типичная схема доступа к Web-серверу; б) схема доступа к Web-серверу с использованием обратного прокси-сервера в контексте обеспечения безопасности

Обычно Web-портал конструируется из различных компонентов и требует различного программного окружения (несколько серверов приложений или наборов сценариев), причем разделение зачастую происходит на уровне доменов и разделов в URI (Uniform Resource Identifier – унифицированный идентификатор ресурса), т.е. различные компоненты портала доступны по определенным URI (рис. 2).

В данной ситуации возникают следующие задачи:

1. Объединение ПО различных разработчиков в рамках Web-портала.
2. Соккрытие от клиента внутренней структуры Web-портала.
3. Сохранение целостности гиперссылок в рамках Web-портала при реорганизации.
4. Возможность балансировки нагрузки на серверы.
5. Возможность использования единого SSL-сертификата для различных сервисов

Web-портала.

Таблица 1 – Описание схемы с использованием обратного прокси-сервера в контексте обеспечения безопасности

Компонент	Выполняемые действия	Взаимодействие с другими компонентами
Брандмауэр	1. Запрещение всех входящих соединений, кроме соединений от обратного прокси-сервера	Внешний пользователь Обратный прокси-сервер
Обратный прокси-сервер	1. Разрешение запросов от клиента и передача только валидных запросов внутреннему Web-серверу. 2. Передача ответов от внутреннего Web-сервера клиенту. 3. Фильтрация входящего сетевого трафика и пропуск только соответствующего типа трафика (HTTP).	Брандмауэр Внутренний Web-сервер
Внутренний Web-сервер	1. Осуществление действительного Web-функционирования. 2. Получение запросов от обратного прокси-сервера и отправка ответов обратно.	Обратный прокси-сервер

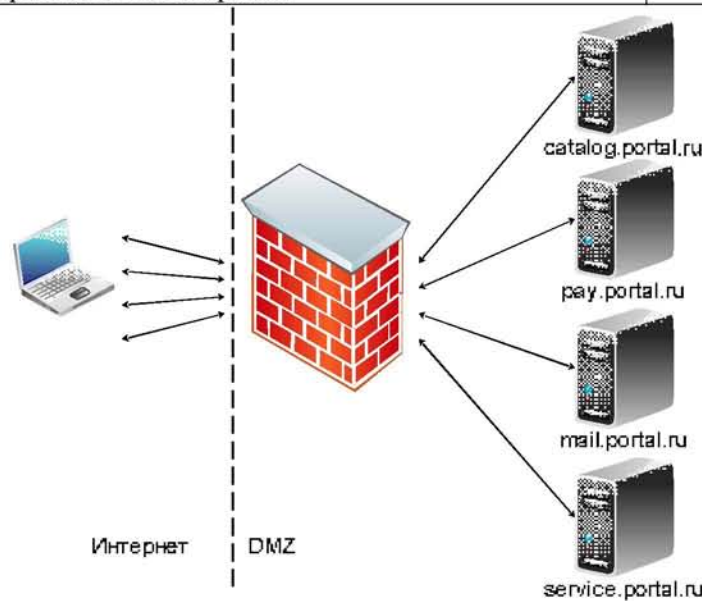


Рисунок 2 – Типичная структура Web-портала



Рисунок 3 – Схема доступа к порталу с использованием интегрирующего обратного прокси-сервера

Для решения поставленных задач целесообразно организовать взаимодействие с использованием единого интегрирующего обратного прокси-сервера. Данный подход даёт возможность решить все указанные выше задачи. Схема организации доступа к защищаемому portalу на основе интегрирующего обратного прокси-сервера (integration reverse proxy) представлена на рисунке 3.

Развитием описанного шаблона может быть делегирование дополнительных функций обратному прокси-серверу, например: аутентификация, авторизация, управление сеансами пользователей. В этой ситуации обратный прокси-сервер используется как *точка единого входа* (front door, single sign-on).

ЗАДАЧИ ОБРАТНОГО ПРОКСИ-СЕРВЕРА В РАМКАХ СИСТЕМЫ

К основным функциональным задачам, решаемым обратным прокси-сервером, относятся:

1. Поддержка сеансов пользователей (включая аутентификацию, авторизацию и аккаунтинг).
2. Фильтрация и перенаправление запросов.
3. Балансировка нагрузки на серверы.
4. Использование единого SSL-сертификата для различных сервисов Web-портала.

Из списка задач можно сделать вывод о том, что адекватным будет применение шаблона проектирования – точки единого входа.

МЕСТО ОБРАТНОГО ПРОКСИ-СЕРВЕРА В СИСТЕМЕ

В рамках концепции, описанной в [1], следует детализировать и указать внутренние взаимосвязи компонентов подсистемы контроля доступа.

Основными компонентами являются:

1. Фронтальный Web-сервер.
2. Сценарий перенаправления.
3. Сценарий поддержки сеансов пользователей (интерфейс для AAA-сервера).

Дополнительным компонентом является AAA-сервер.

На рисунке 4 показана диаграмма деятельности в нотации UML (Unified Modeling Language), отражающая последовательность взаимодействий между компонентами подсистемы контроля доступа.

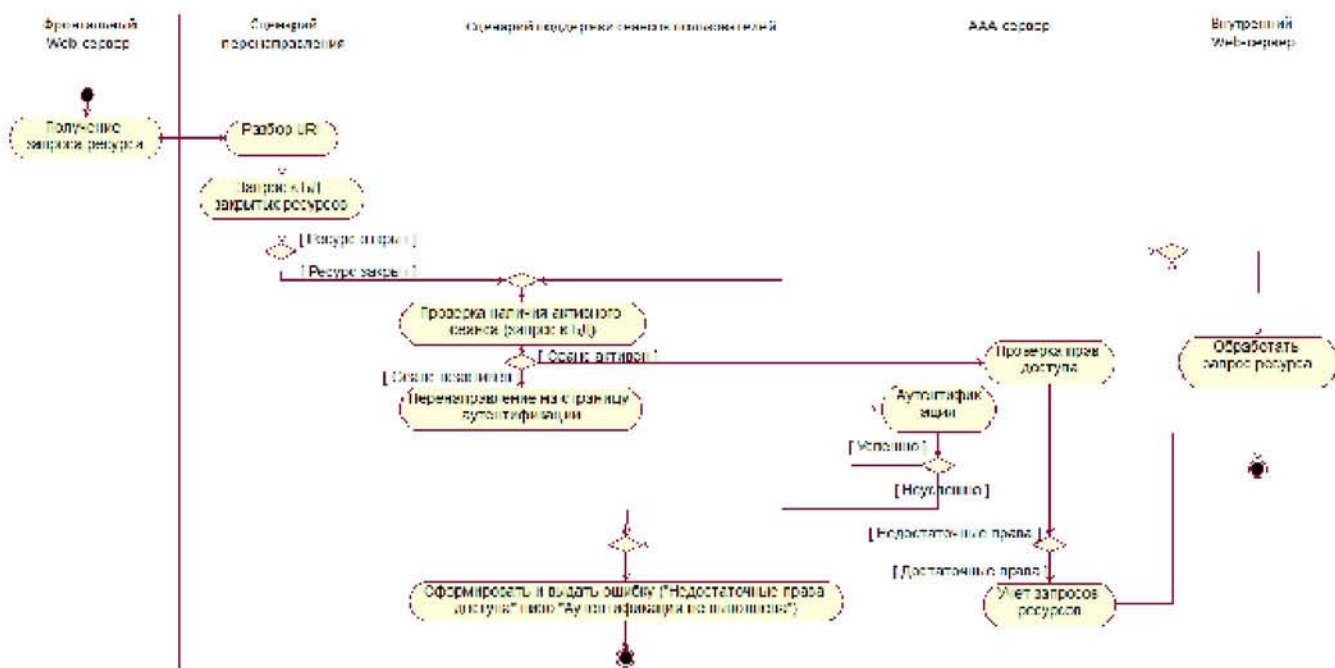


Рисунок 4 – Диаграмма деятельности компонентов системы

ПРОЦЕДУРА РАЗБОРА URI В ОБРАТНОМ ПРОКСИ-СЕРВЕРЕ

Основным объектом обработки прокси-сервера является запрос в формате URI в рамках протокола взаимодействия (HTTP). Таким образом, одной из важных задач обратного прокси-сервера (при рассмотрении его в расширенном варианте как *точки единого входа*) является разбор запросов. Логика разбора запроса описывается конечным автоматом, состоящим из 24 состояний и 34 переходов.

Нужно отметить, что задача разбора URI требует реализации в связи с необходимостью получения определенной информации о запрашиваемом ресурсе: протокола доступа (HTTP или HTTPS), названия портала, подраздела портала и дополнительных параметров, передаваемых сценариям. Эти данные используются сценариями для обращения к БД и получения дополнительных сведений или для непосредственной переадресации на основной Web-сервер и выдачи информации, т.е. URI является одним из ключевых параметров, на основании которого в процессе разбора принимается решение о дальнейших шагах в сценариях.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С БД ЗАКРЫТЫХ РЕСУРСОВ

Разобранный URI полученный из HTTP запроса проверяется на вхождение в список закрытых ресурсов соответствующего портала. Указанный список представляет собой *карту сайта* и организован на основе иерархической базы данных.

Каждому разделу портала ставится в соответствие список дополнительных полей, задающих тип прав доступа к ресурсу (разрешительное или запретительное, наследуемое или ненаследуемое), и группу пользователей, наделенную соответствующими правами. Доступ к указанной базе данных осуществляется из сценария перенаправления, сценария поддержки сеансов пользователей и AAA-сервера.

ВОЗМОЖНОСТИ ПРАКТИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ

Практическая реализация в рамках подсистемы разграничения доступа к порталам подразумевает использование в качестве основы существующего свободного программного обеспечения (Web-сервер Nginx, модуль к Web-серверу Apache mod_proxy), однако требует их развития, доработки и адаптации под решение стоящей задачи. Web-сервер Apache спроектирован таким образом, что не освобождает занятые ресурсы (процессор, память) до тех пор, пока не будут переданы все запрошенные данные, а так как для каждого запроса пользователя создается копия процесса, то в случае появления множества медленных клиентов возможна ситуация отказа от обслуживания из-за перегрузки обратного прокси-сервера. Ввиду этой архитектурной особенности Web-сервера Apache наиболее целесообразным представляется использование связки Nginx (Web-сервер Nginx спроектирован с использованием событийно-ориентированного подхода, в связи с этим является менее требовательным к ресурсам) и RADIUS с учётом дополнительных сценариев для реализации промежуточного уровня подсистемы разграничения доступа. Кроме того, использование указанного программного обеспечения позволяет осуществить реализацию подсистемы разграничения доступа на основе широкого спектра открытых инструментальных средств. В качестве реализации иерархической базы данных рассматривается протокол LDAP (Lightweight Directory Access Protocol), целесообразным представляется использование системы СУБД OpenLDAP как свободно распространяемой, имеющей гибкие возможности репликации и широко применяемой на практике.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье рассмотрены проблемы разграничения доступа к Web-ресурсам в контексте построения сети корпоративных порталов. Предложено распределение функций по компонентам серверов контроля доступа. В рамках предложенного решения выделены ключевые компоненты подсистемы и рассмотрена модель их взаимодействия при обработке пользовательских запросов к ресурсам порталов на основе URI с использованием обратного прокси-сервера. Сформулированы предложения по практической реализации подсистемы

разграничения доступа к порталам. Унификация и стандартизация технического решения, использования шаблонного подхода позволяет обеспечить в дальнейшем эффективную реализацию, масштабирование и тиражирование системы.

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. Буч Г. Объектно-ориентированный анализ и проектирование с примерами приложений. – 3-е изд. / Г. Буч, Р.А. Максимчук, М.У. Энгл, Б.Дж. Янг, Д. Коналлен, К.А. Хьюстон. – М.: ООО Изд. дом «Вильямс», 2008. – 720 с.
3. Гамма Э. Примеры объектно-ориентированного проектирования / Э. Гамма, Р. Хелм, Р. Джонсон, Дж. Влиссидес. – СПб: Питер, 2001. – 368 с.
4. Хоп Г., Вульф Б. Шаблоны интеграции корпоративных приложений. – М.: ООО Изд. дом «Вильямс», 2007. – 672 с.
5. Sommerland P. Reverse Proxy Patterns [Электронный ресурс] / European Conference on Programming Languages of Programs, 2003. – URL: http://www.hillside.net/europlp/europlp2003/papers/WorkshopC/C6_SommerladP.pdf.

Лазарев Сергей Александрович

ФГБОУ ВПО «Государственный университет – УНПК», г. Орел
Кандидат экономических наук, начальник технического отдела
Тел.: 8 (4862) 59-46-19
E-mail: lsa@ostu.ru

Демидов Александр Владимирович

ФГБОУ ВПО «Государственный университет – УНПК», г. Орел
Аспирант кафедры «Электроника, вычислительная техника и информационная безопасность»
Тел.: 8 (4862) 41-98-88
E-mail: a.demidov@ostu.ru

S.A. LAZAREV (*Candidate of Economic Sciens, Head of Technical department*)
A.V. DEMIDOV (*Post-graduate student of the departmnt «Electronics, computing
and information security»*)
State University – ESPC, Orel

REVERSE PROXY SERVER WITHIN THE CONTROL INFORMATION EXCHANGE NETWORK WEB-PORTALS

This article discusses the decision to build a subsystem access control to Web-portals. The description of the model of interaction of system components in the processing of user requests for resources portals based on URI (Uniform Resource Identifier) with scripts and support for redirect user sessions in the reverse proxy mode.

Keywords: *design patterns; management access to information; user authorization; information exchange; reverse proxy server; corporate portal.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Lazarev S.A., Demidov A.V. Konceptsiya 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. Buch G. Ob''ektno-orientirovanny'j analiz i proektirovanie s primerami prilozhenij. – 3-e izd. / G. Buch, R.A. Maksimchuk, M.U. E'ngl, B,Dzh. yang, D. Konallen, K.A. X'yuston. – M.: ООО Изд. дом «Vil'yams», 2008. – 720 s.
3. Gamma E'. Primery' ob''ektno-orientirovannjg proektirovaniya / E'. Gamma, R. Xelm, R. Dzhonson, Dzh. VliSSIDes. – SPb: Piter, 2001. – 368 s.
4. Хоп Г., vul'f B. Shablony' integracii korporativny'x prilozhenij. – М.: ООО Изд. дом «Vil'yams», 2007. – 672 s.
5. Sommerland P. Reverse Proxy Patterns [E'lektronny'j resurs] / European Conference on Programming Languages of Programs, 2003. – URL: http://www.hillside.net/europlp/europlp2003/papers/WorkshopC/C6_SommerladP.pdf.

УДК 004.4: 004.9: 528.9: 912.43

В.И. СУХАНОВ, С.И. ТИМОШЕНКО, Р.М. ЧЕРНИН

ИССЛЕДОВАНИЕ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДАННЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ ОТКРЫТЫХ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СЕРВИСОВ

В статье рассмотрены вопросы визуализации данных в привязке к картографической информации с использованием существующих открытых геоинформационных сервисов. Исследование выполнено для разработки элементов программной платформы, обеспечивающей учет материальных активов.

Ключевые слова: визуализация; картографическая информация; геоинформационные системы; ГИС; сервисы; платформа.

ВВЕДЕНИЕ

Рост популярности мобильных информационных систем, работающих с географическими картами, стимулировал спрос на инструменты быстрого прототипирования и разработки предметно-ориентированных геоинформационных систем (ГИС) с web-интерфейсом. Проблемная ориентация ГИС определяется решаемыми задачами [1]: инвентаризация ресурсов (кадастры), анализ, оценка, мониторинг, управление и планирование, поддержка принятия решений. Интегрированные ГИС (ИГИС) совмещают функциональные возможности ГИС и систем цифровой обработки изображений (данных дистанционного зондирования) в единой интегрированной среде. По сути, ИГИС может включать в себя возможности систем управления базами данных (СУБД), редакторов растровой и векторной графики, аналитических средств.

На рынке программного обеспечения (ПО) присутствует множество коммерческих решений для построения геоинформационных систем. Среди лидеров следует упомянуть компании ESRI Inc., MapInfo Corp., Autodesk Inc., ERDAS Inc. (продукты ArcInfo, MapInfo, AutoCAD Map, ArcGis, ERDAS). Однако стоимость их внедрения и эксплуатации достаточно высока из-за лицензионных отчислений, трудоемкости разработки и/или затрат на приобретение картографической основы. Зачастую от ГИС требуются не только средства визуализации данных, но и встроенные конструкторы учитываемых объектов (ArcView GIS, IMAGINE Developers Toolkit), из-за чего решения с использованием этих систем получаются достаточно громоздкими. В то же время открытое ПО часто уступает коммерческим аналогам по функциональности (пример – Kosmo).

Появление бесплатных геоинформационных сервисов типа Google Maps [2], Microsoft Virtual Earth и других с открытыми программными интерфейсами позволяет говорить о возможности принципиального изменения подходов к данной задаче. Указанные сервисы являются лишь средствами визуализации, они не предоставляют средств ввода или учета данных. Однако их применение позволяет существенно упростить создание ИГИС.

Вместе с тем, на рынке ИГИС нет ПО или программного сервиса, распространяемого по модели SaaS (Software as a Service [3]), для построения универсального учета в произвольной предметной области с достаточно высокими требованиями к сложности учитываемых структур, использующего открытые геоинформационные сервисы для визуализации. Таким образом, актуальным является создание такого ПО на картографической основе, предоставляемой открытыми геоинформационными сервисами.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТКРЫТЫХ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СЕРВИСОВ

Попытка объединить в единую систему учет и визуализацию распределенных объектов (например, телекоммуникационных, трубопроводных, транспортных систем) с использованием открытых геоинформационных сервисов и web-технологий предпринята в системе Naumen Inventory [4]. В настоящей работе приведены результаты исследования

предельных режимов работы подсистемы интеграции с геоинформационными сервисами, которая получила название «Модуль GIS Integration» (рис. 1).

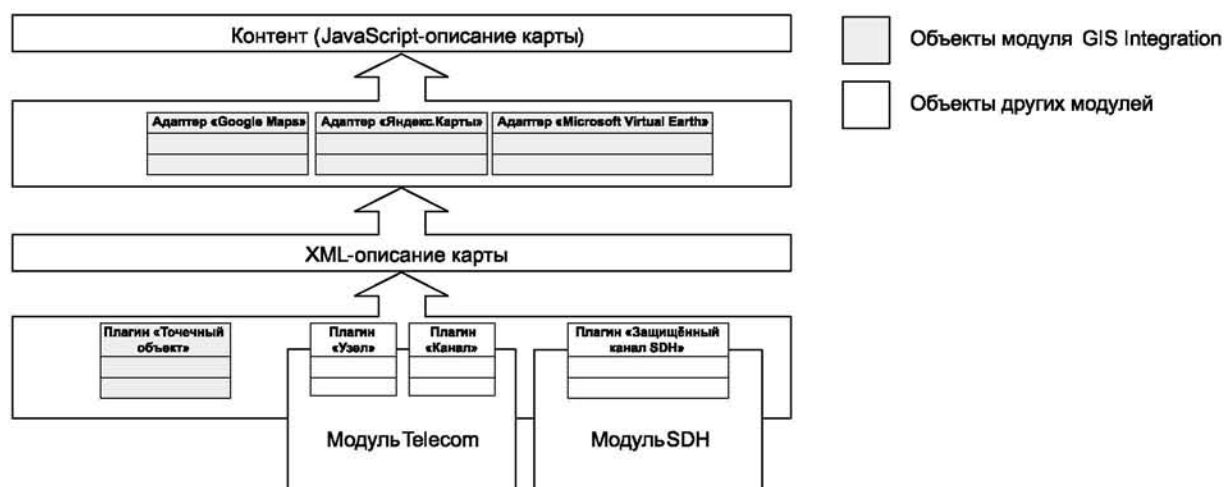


Рисунок 1 – Визуализация данных с использованием модуля GIS Integration

Поскольку требования к внешнему виду карт сильно зависят от типа отображаемых объектов, то формирование карты осуществляется в два этапа: формирование XML-описания карты по выбранному заранее созданному шаблону и формирование содержимого карты на основе этого описания (рис. 1).

Для формирования XML-описания карты используются плагины – программные единицы, анализирующие структуру объекта, для которого строится карта, и представляющие структуру будущей карты в виде XML. В силу разнородности структуры объектов каждый плагин должен соответствовать определённому объекту или набору объектов с похожей структурой.

Формирование контентного описания карты производится адаптерами, преобразующими полученное от плагина XML-описание карты в код, который впоследствии обрабатывается браузером и осуществляет отображение карты. Поскольку для формирования карты могут использоваться разные картографические приложения, должны существовать различные адаптеры, которые формируют необходимый код с использованием API (Application Programming Interface) соответствующего картографического приложения. Адаптеры не зависят от плагинов и обрабатывают любой XML-файл установленного формата. Пример визуализации объектов приведен на рисунке 2.

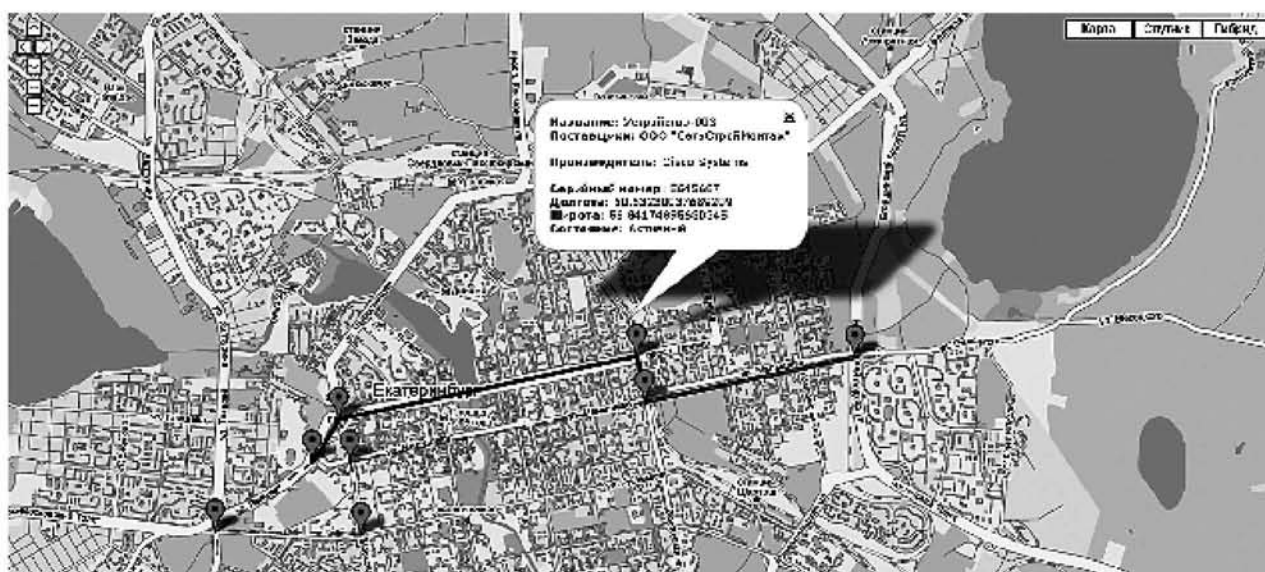


Рисунок 2 – Пример визуализации объектов

НАГРУЗОЧНОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ ПЛАТФОРМЫ

Для исследования предельных режимов работы модуля GIS Integration и проверки работоспособности системы были проведены нагрузочные тесты с использованием приложения JMeter [5] и сервера Google Maps при различном числе хранящихся объектов (от 5100 до 20500) в базе данных (БД), их объёме (от 50 до 450 Кбайт) и количестве одновременно работающих пользователей (от 1 до 50).

Для установки системы в качестве сервера был выбран компьютер, доступный по цене любой организации, то есть потенциальному потребителю разработанного сервиса (процессор Intel Pentium 4, тактовая частота 3 ГГц, оперативная память 2 Гб, жесткий диск 80 Гб, сетевая карта 100 Мбит/с). Было установлено следующее программное обеспечение: операционная система MS Windows XP Pro SP3, HTTP-сервер – Apache HTTP Server 2.0.6, контейнер сервлетов Apache Tomcat 5.5.27, СУБД PostgreSQL 8.3.5. Использовался реальный канал связи.

Анализ результатов тестирования показал, что для указанных условий работа без перегрузок выполнялась при одновременной работе от одного до пяти пользователей и базе до 10100 объектов (табл. 1). В этом случае сервер успевал обработать запросы без заметных задержек. При этом время отклика было случайно. На него влияли нестабильность пропускной способности канала связи, объем запрашиваемой информации об объекте и алгоритм формирования контента.

Таблица 1 — Зависимость среднего времени отклика от объема БД для пяти пользователей

Число объектов БД	5100	10100	15500	20500
Среднее время отклика (мс)	1001	1064	1852	3240
Доверительный интервал оценки среднего времени отклика при уровне значимости 0,05	±133	±251	±298	±387

При одном работающем пользователе распределение времени отклика было близко к симметричному S_U -распределению Джонсона [6-8]. При увеличении числа пользователей до пяти, распределение времени отклика становилось близким к ассиметричному S_U -распределению Джонсона (рис. 3), а свыше пяти — к бета-распределению I рода [6] (рис. 4, 5).

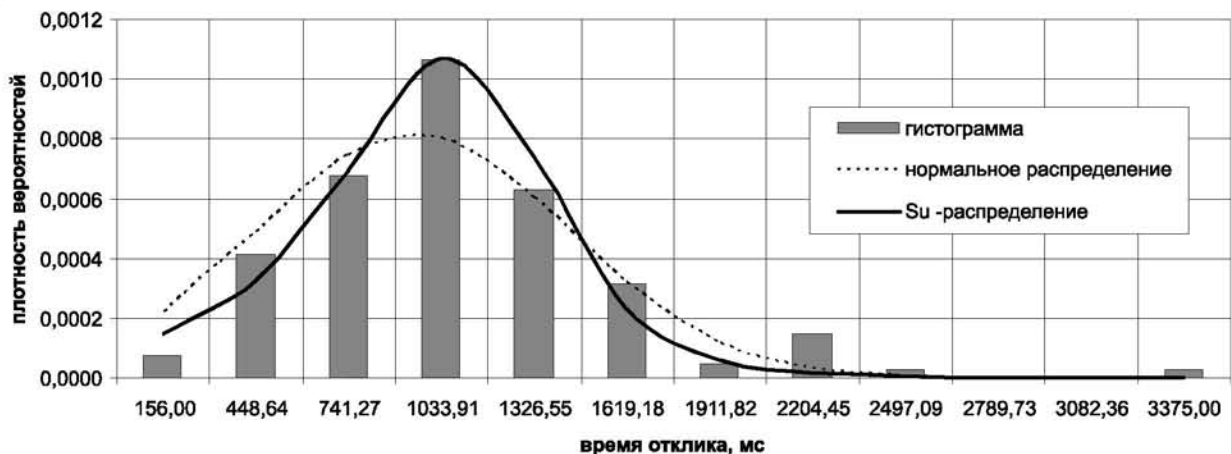


Рисунок 3 – Гистограмма времени отклика при пяти пользователях, 5100 объектах

При числе пользователей свыше 15 (рис. 5) увеличение правого хвоста распределения сопровождалось появлением многомодальности, что характерно для смеси распределений. Бета-распределение I рода (I тип распределений Пирсона [6-8]) может иметь максимум две моды, что недостаточно для аппроксимации многомодальности. Вместе с тем, семейства распределений Джонсона и Пирсона в рамках четырех выборочных моментов более точно воспроизводили реальную картину, чем нормальное распределение (рис. 3-5), учитывающее лишь два выборочных момента (математическое ожидание и дисперсию).

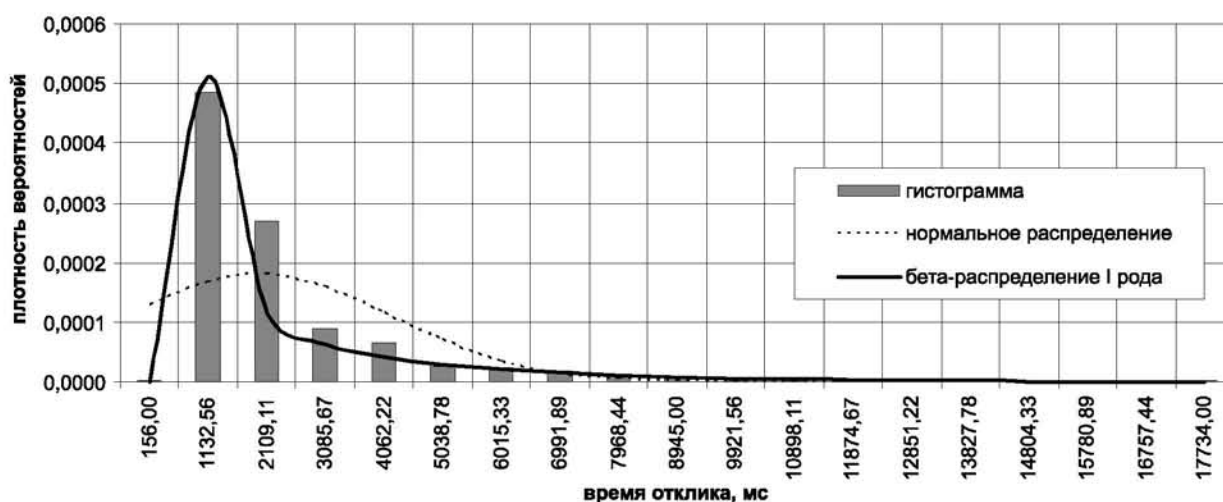


Рисунок 4 – Гистограмма времени отклика при пятнадцати пользователях, 5100 объектах

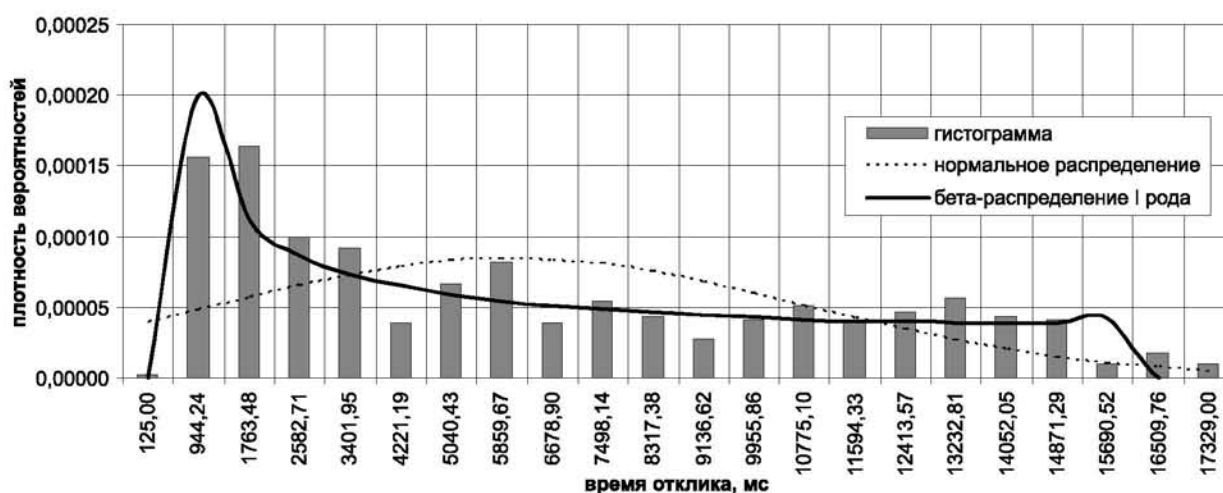


Рисунок 5 – Гистограмма времени отклика при двадцати пользователях, 5100 объектах

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ ИТ-ИНФРАСТРУКТУРЫ

Для обеспечения приемлемого времени отклика при использовании системы Naumen Inventory организациям-потребителям с числом активных пользователей свыше пяти и более 15000 объектах в БД потребуется выбор специализированной ИТ-инфраструктуры (табл. 2 [3]).

Таблица 2 – Характеристики ИТ-инфраструктуры различных типов

Характеристика	Внутренняя ИТ-инфраструктура	Управляемые сервисы	Облачная инфраструктура
Капиталовложения	Высокие	Умеренные	Малые
Текущие эксплуатационные издержки	Умеренные	Высокие	Зависят от интенсивности использования сервиса
Время ввода в эксплуатацию	Высокое	Умеренное	Мгновенная доступность
Гибкость	Низкая	Умеренная	Высокая
Требования к квалификации персонала	Высокие	Низкие	Умеренные
Надежность	Варьируется в зависимости от обстоятельств	Высокая	От умеренной до высокой

Выбор внутренней IT-инфраструктуры имеет смысл лишь при уже сделанных существенных капиталовложениях в собственную IT-инфраструктуру или же при наличии требований к безопасности и конфиденциальности, запрещающих хранение данных вне организации. Во всех остальных случаях можно рекомендовать выбор между управляемыми сервисами (передача функций сервисам, управляемым сторонними организациями) и облачной инфраструктурой.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках данной статьи рассмотрены вопросы визуализации данных в привязке к картографической информации с использованием существующих открытых геоинформационных сервисов. Исследование выполнено на примере модуля GIS Integration, являющегося элементом программной платформы учета материальных активов Naumen Inventory. С помощью нагрузочных тестов найдены предельные режимы работы платформы. Для исследования статистических характеристик результатов нагрузочных тестов использовались семейства распределений Джонсона и Пирсона. Даны рекомендации по выбору IT-инфраструктуры для эксплуатации платформы. Отмечено, что в финансовом отношении более привлекательной является облачная инфраструктура [3]. Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ (проекты 2011-2.4-524-009-002 и 2008-04-1.4-15-20-043).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Журкин И.Г., Шайтура С.В. Геоинформационные системы. – Москва: Кудиц-Пресс, 2009. – 272 с.
2. Google Maps API [Electronic resource] // Welcome to Google Enterprise: Earth and Maps. – USA, 2010. – URL: <http://www.google.com/enterprise/earthmaps/maps.html> (accessed date: 10.04.2011).
3. Риз Д. Облачные вычисления. Cloud Application Architectures: пер. с англ. – СПб.: БХВ-Петербург, 2011. – 288 с.
4. Naumen Inventory [Электронный ресурс]: Система учёта сервисов, логических и физических ресурсов сети // Сайт Naumen. – М., 2010. – URL: http://www.naumen.ru/NaumenInventory_booklet.pdf (дата обращения: 11.04.2011).
5. Apache Jmeter [Electronic resource] // The Apache Jakarta Project. — USA, 2008. — URL: <http://jakarta.apache.org/jmeter> (accessed date: 05.04.2011).
6. Тимошенко С.И. Использование семейств кривых Джонсона и Пирсона в задачах аппроксимации распределений, расчета и оценки вероятностных характеристик // УПИ. – Свердловск, 1986. – 59 с. – Библиогр.: С. 47-48. – Деп. в ВИНТИ 30.07.86, № 6190-В86.
7. Джонсон Н.Л. Одномерные непрерывные распределения: в 2 ч. – Ч. 1 / Н.Л. Джонсон, С. Коц, Н. Балакришнан; пер. 2-го англ. изд. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. – 703 с.
8. Бостанджиян Б.А. Распределение Пирсона, Джонсона, Вейбулла и обратное нормальное. Оценивание их параметров. – Черноголовка: Редакционно-издательский отдел ИПХФ РАН, 2009. – 240 с.

Суханов Владимир Иванович

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург
Доктор технических наук, зав. кафедрой программных средств и систем
E-mail: suh@fat.ustu.ru

Тимошенко Сергей Иванович

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург
Кандидат технических наук, доцент кафедры программных средств и систем
E-mail: tim@fat.ustu.ru

Чернин Роман Маркович

Группа компаний Naumen, г. Москва
Директор департамента внедрения
E-mail: rchernin@naumen.ru

V.I. SUKHANOV (*Doctor of Engineering Science, Head of the department of software and systems*)
S.I. TIMOSHENKO (*Candidate of Engineering Science, Associate Professor*)
Ural Federal University, Ekaterinburg
R.M. CHERNIN (*Director, Department of the introduction*)
The group of companies Naumen, Moscow

RESEARCH OF VISUALIZATION OF DATA WITH APPLICATION OF OPEN GEOINFORMATION SERVICES

The paper deals with visualization of data in relation to the mapping information using the existing open GIS services. The study was performed to develop the elements of a software platform that is responsive to tangible assets.

Keywords: *visualization; mapping information; Geographic Information Systems; GIS; services; platform.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Zhurkin I.G., Shajtura S.V. Geoinformacionny'e sistemy. – Moskva: Kudic-Press, 2009. – 272 s.
2. Google Maps API [Electronniy resurs] // Welcome to Google Enterprise: Earth and Maps. – USA, 2010. – URL: <http://www.google.com/enterprise/earthmaps/maps.html> (accessed date: 10.04.2011).
3. Riz D. Oblachny'e vy'chisleniya. Cloud Application Architectures: per. s angl. – SPb.: BXV-Peterburg, 2011. – 288 s.
4. Naumen Inventory [Electronniy resurs]: Sistema uchota servisov. Logicheskix i fizicheskix resursov seti // Сайт Naumen. – M., 2010. – URL: http://www.naumen.ru/NaumenInventory_booklet.pdf (дата обращения: 11.04.2011).
5. Apache Jmeter [Electronic resource] // The Apache Jakarta Project. — USA, 2008. — URL: <http://jakarta.apache.org/jmeter> (accessed date: 05.04.2011).
6. Timoshenko S.I. Ispol'zovanie semejstv krivy'x Dzhonsona i Pirsona v zadachax approksimacii raspredelenij, raschyota i ocenki veroyatnostny'x charakteristik // UPI. – Sverdlovsk, 1986. – 59 s. Библиогр.: С. 47-48. – Деп. в VINITI 30.07.86, № 6190-B86.
7. Dzhonson N.L. Odnomerny'e nepreryvny'e raspredeleniya: v 2 ch. – Ch. 1. / N.L. Dzhonson, S. Kocz, N. Balakrishnan; per. 2-go angl. izd. – M.: BINOM. Laboratoriya znaniy, 2010. – 703 s.
8. Bostandzhinyan B.A. Raspredelenie Pirsona, Dzhonsona, Vejbul'a i obratnoe normal'noe. Ocenivanie ix parametrov. – Chernogolovka: Redakcionno-izdatel'skij otdel IPXF RAN, 2009. – 240 s.

ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ

УДК 681.327.8 (32.82)

В.В. КОМАШИНСКИЙ, М.А. КУЦАКИН

ФОРМИРОВАНИЕ ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО РАЗРАБОТКЕ АДАПТИВНОЙ СТРУКТУРЫ IP-ШИФРАТОРА И ОЦЕНКИ ЕГО РАБОТЫ

Общей задачей работы является обеспечение требуемого уровня безопасности передаваемой по информационно-вычислительным сетям конфиденциальной информации за счёт средств шифрования.

При оценке и правильном выборе различных параметров средств шифрования, самого сеанса передачи информации в различном виде появляется возможность создания скоростного и эффективного IP-шифратора, удовлетворяющего всем требованиям нормативных документов в данной области исследования.

Ключевые слова: IP-шифратор; S-блоки; адаптивная структура IP-шифратора; параметры сеанса связи; стойкость алгоритма шифрования; уровень безопасности.

ВВЕДЕНИЕ

В данное время рынок средств защиты IP-поточков очень разнообразен и предлагает покупателю множество изделий. IP-шифраторы широко применяются во многих закрытых корпоративных сетях. В этих же сетях часто происходит взаимодействие с другими закрытыми корпоративными сетями. При этом взаимодействии часто возникает проблема о несогласовании сеансов передачи информации на передающей и приемной стороне по многим параметрам (например, тип передаваемых данных, качество обработки информации, способ шифрования, временные показатели и многие другие), даже при использовании одного и того же оборудования, что нередко приводит к снижению скоростных характеристик, снижению качественных показателей сеанса связи, сбоям, а иногда и к ухудшению степени безопасности передаваемых конфиденциальных данных.

Таким образом, на сегодняшний день создание скоростного IP-шифратора для защиты конфиденциальной информации с адаптивной структурой и алгоритмом шифрования, который будет выбираться в зависимости от многих параметров сеанса связи, а также формирование предложений по методике оценки работы таких шифраторов является актуальной и важной задачей.

ФОРМИРОВАНИЕ ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО СОЗДАНИЮ АДАПТИВНОЙ СТРУКТУРЫ IP-ШИФРАТОРА

В настоящее время по информационно-вычислительным сетям передаются различные виды конфиденциальных данных (графические данные, аудио-, видео- и речевые данные, различные электронные документы и другие файлы). Все они объединены в единый интегрированный поток, который при необходимости подвергается последовательному шифрованию средствами криптографической защиты. Следовательно, скорость обработки такого потока информации существенно снижается из-за невозможности быстро и надежно зашифровать его по единому алгоритму, соответствующему определенному классу защищенности. Это приводит к снижению качественных показателей сеанса связи.

В современных MPLS/VPN сетях предусмотрено выделение каждого вида информации в отдельные виды трафика, создаются так называемые LSP – виртуальные пути для каждого типа данных. Выделенные в отдельные потоки виды трафика нуждаются в различных скоростных качествах шифрования. Например, для шифрования сеанса видеоконференцсвязи при заданной высокой скорости обработки данных можно выделить следующие виды трафика – видеопоток, аудиопоток, передача электронных файлов. Для

каждого из видов передаваемой информации в зависимости от их объема, важности, требуемого качества обработки и других параметров можно использовать и различные параметры шифрования (например, для аудиопотока можно использовать более короткий и скоростной алгоритм шифрования, соответствующий требуемому классу защищенности; для снижения объема шифрования, повышения скорости обработки видеопотока можно использовать шифрование выборочных блоков информации, т. е. шифровать только ту часть картинки, где находится лицо абонента), что позволит снизить нагрузку на устройство криптографической защиты, следовательно, увеличить скорость обработки потока конфиденциальной информации.

Для повышения скоростных характеристик необходимо создание адаптивного алгоритма, который был бы секретным и формировался в зависимости от текущих параметров сеанса связи с обязательным обеспечением требований по безопасности.

Для разработки криптографического алгоритма необходимо реализовать практически недешифруемую систему (ПНДС) – это такую систему, в которой дешифрование криптограмм без знания ключа возможно только за очень большое время или при слишком большом объеме устройств дешифрования [4]. ПНДС, в свою очередь, должна удовлетворять следующим требованиям:

- число возможных действующих ключей должно быть достаточно велико;
- статистика сообщений должна быть исключена из статистики криптограммы;
- практическая недешифруемость системы должна сохраняться при осуществлении различных видов атак, когда известны некоторые части передававшегося открытого сообщения, соответствующие принятой криптограмме;
- исключение «чтения назад»;
- обеспечение специальных требований (размещение, монтаж, утечка по различным каналам и др.).

Выполнение данных требований позволит создать нужную стойкость алгоритма шифрования. Под стойкостью алгоритма шифрования будем понимать способность противостоять всем возможным атакам против него [4].

Способность противостоять любым возможным атакам равноценно понятию уровня безопасности, который необходимо обеспечить, используя средство шифрования. Уровень безопасности B можно представить как некоторую функцию F , зависящую от множества параметров N , которые задают алгоритм шифрования, следовательно, влияют и на стойкость самого алгоритма:

$$B = F(N). \quad (1)$$

Соответственно, чем выше стойкость шифрования, тем выше уровень безопасности конфиденциальных данных.

Варианты исходных параметров для выбора алгоритма шифрования представлены ниже. Ими являются:

- вид шифруемого трафика (графический, аудио, оперативные сообщения, электронные документы);
- категория взаимодействующих абонентов;
- длина используемого ключа;
- параметры линейных и нелинейных преобразований.

Вариантами построения адаптивного алгоритма шифрования могут являться следующие положения:

- создание секретного алгоритма $A \{D, K, T\}$, где D – множество видов передаваемых данных, K – множество параметров ключа, T – множество параметров линейных и нелинейных преобразований;
- создание открытого алгоритма $A \{***\}$ с зашифрованными параметрами, но при этом предполагающим наличие какой-либо первичной ключевой информации для шифрования выбранных параметров.

Таким образом, адаптивная структура IP-шифратора может иметь следующий вид, представленный на рисунке 1.

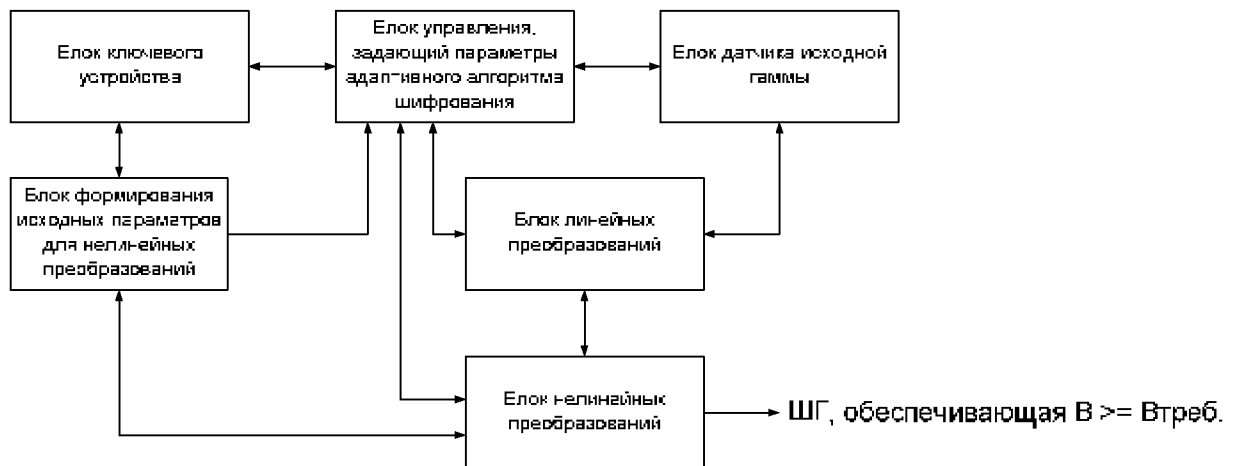


Рисунок 1 – Адаптивная структура IP-шифратора

Основным блоком является блок управления, задающий параметры адаптивного алгоритма шифрования и передающий их на все остальные блоки. При этом шифратор должен сформировать ШГ, обеспечивающую заданный уровень безопасности B .

Как говорилось ранее, уровень безопасности B представляет собой некоторую функцию F . Как вариант, функция F может зависеть от следующих параметров, приведённых в выражении (2):

$$B = F(D, KA, K, S, P), \quad (2)$$

где D – множество видов передаваемых данных, KA – множество категорий взаимодействующих абонентов, K – множество размеров ключа шифрования, S – множество параметров нелинейных преобразований, P – множество параметров линейных преобразований.

Как известно, наиболее весомый вклад в стойкость шифра вносят нелинейные преобразования (S -блоки). Поэтому параметры их формирования являются наиболее значимыми.

Выбор хороших S -блоков – непростая задача, существует множество различных идей, как лучше сделать это. Можно выделить четыре главных подхода:

1. *Случайный выбор.* Ясно, что небольшие случайные S -блоки ненадежны, но крупные случайные S -блоки могут оказаться достаточно хорошими. Случайные S -блоки с восемью и более входами достаточно стойки, еще лучше 12-битовые S -блоки. Стойкость S -блоков возрастает, если они одновременны и случайны, и зависят от ключа.

2. *Выбор с последующим тестированием.* В некоторых шифрах сначала генерируются случайные S -блоки, а затем их свойства тестируются на соответствие требованиям.

3. *Разработка вручную.* При этом математический аппарат используется крайне незначительно: S -блоки создаются с использованием интуитивных приемов. Барт Пренел (Bart Preneel) заявил, что «...теоретически интересные критерии недостаточны (для выбора булевых функций S -блоков)...» и «...необходимы специальные критерии проектирования...».

4. *Математическая разработка.* S -блоки создаются в соответствии с законами математики, поэтому обладают гарантированной устойчивостью к дифференциальному и линейному криптоанализу и хорошими рассеивающими свойствами.

Конечно, преимуществом последнего подхода является оптимизация против известных методов вскрытия – дифференциального и линейного криптоанализа, но

обеспечиваемая этим подходом степень защиты от неизвестных методов вскрытия неизвестна.

С другой стороны, случайные S-блоки могут не быть оптимальными по отношению к данным способам вскрытия, но они могут быть достаточно большими и, следовательно, достаточно надежными. Кроме того, они, скорее всего, будут достаточно устойчивы и против неизвестных способов вскрытия. S-блоки должны быть такими большими, насколько это возможно, должны быть случайными и должны зависеть от ключа.

Существуют следующие методы построения S-блоков:

- метод случайного перемешивания векторов;
- эвристические методы;
- алгебраические методы;
- методы, основанные на построении S-блоков при помощи конечных полей GF(2).

Эвристические методы были выявлены опытным путем, они служат для формирования определенного S-блока для конкретного шифра. В алгебраических методах функция преобразования входных бит описывается алгебраической операцией, S-блоки данного типа уязвимы к алгебраической атаке.

При разработке предложений по созданию IP-шифратора необходимо учесть способ согласования параметров адаптивного алгоритма на приемной и передающей стороне (рис. 2).

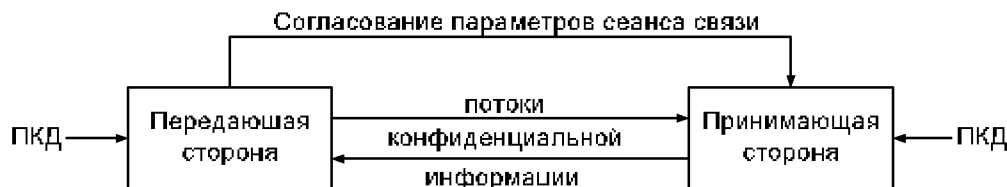


Рисунок 2 – Согласование параметров сеанса связи

Вариантами согласования параметров сеанса связи могут являться:

1. Если алгоритм шифрования конфиденциальной информации является секретным, то необходимо передавать параметры шифрования на приемную сторону в защищенном виде, при этом нужен заранее оговоренный алгоритм шифрования параметров адаптивного алгоритма (например, ГОСТ 28147-89).

2. Если алгоритм шифрования конфиденциальной информации является открытым, то для взаимодействия приемной и передающей стороны необходимы какие-либо первичные ключевые данные (ПКД), которые смогли бы сформировать ключ парновыборочной связи (использование для каждой пары абонентов уникальных ключей, создаваемых на основе принципа открытого распределения ключей).

При всех вышеперечисленных положениях необходимо будет оценить работу IP-шифратора в реальных условиях эксплуатации. Для этого необходима разработка методик оценки работы шифраторов IP-потоков.

ФОРМИРОВАНИЕ ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО ОЦЕНКЕ РАБОТЫ IP-ШИФРАТОРА

Возможность передачи по компьютерным сетям различной конфиденциальной информации включает в себе некоторые требования к показателям качества обработки информации. Одним из основных требований является требование к временным задержкам или скорости обработки информации. Важность данного требования объясняется тем, что существуют некоторые угрозы информационной безопасности, связанные с временными задержками, например, возможность перехвата конфиденциальной информации нарушителем, её модификация, подмена (имитоввод), перенаправление, анализ. При достаточном ресурсе времени у нарушителя все эти угрозы вполне реализуемы. Поэтому очень важно знать, какие реальные временные задержки вносит IP-шифратор при работе на конкретном направлении передачи конфиденциальной информации, а также реально

возможную скорость шифрования при передаче разнородного трафика в различных топологиях компьютерных сетей.

Решение этой задачи предлагается осуществить следующим образом. Разработать программно-аппаратный стенд, реализующий фрагмент рабочей сети, с использованием IP-шифратора. Структура разработанного стенда представлена на рисунке 3.

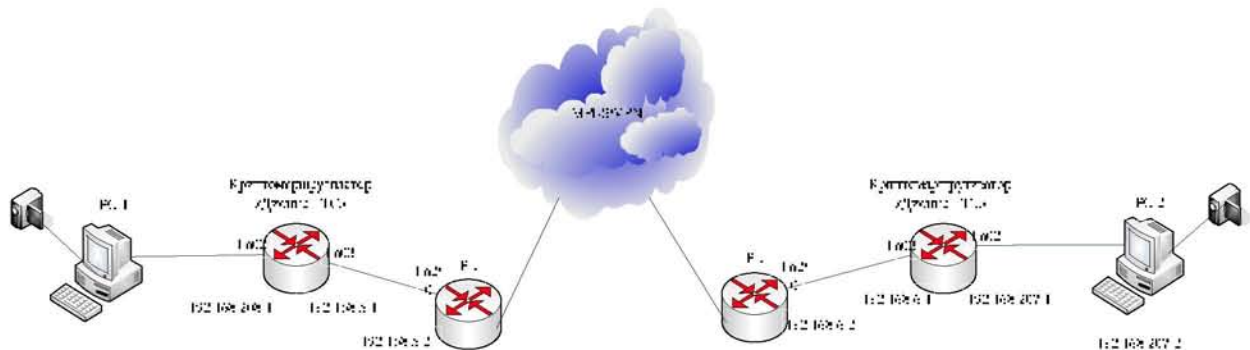


Рисунок 3 – Структура программно-аппаратного стенда

Далее, с помощью специальных утилит (предлагается использовать утилиту NetTest), позволяющих оценить время доставки пакетов данных, передавать файлы одинакового заданного объема, но при этом содержащие различные виды информации (аудио, электронные документы, графические данные). Попытки передачи повторить несколько раз без функции шифрования IP-потока, а потом с шифрованием IP-потока, зафиксировать полученные результаты, рассчитать среднее время доставки пакетов для случая с шифрованием и для случая без шифрования с помощью выражения (3):

$$T_{\text{ср.задержки}} = T_{\text{ср.достав}} - T_{\text{ср.достав без шифр.}} \quad (3)$$

Затем рассчитывается среднее время задержки, вносимое IP-шифратором. С помощью выражения (4), зная объём передаваемых файлов, вычисляется средняя скорость шифрования потока данных при эксплуатации криптомаршрутизаторов в реальных условиях:

$$W_{\text{ср.ш}} = V_{\text{пер.данных}} / T_{\text{ср.задержки}} \quad (4)$$

Таким образом, можно сделать вывод о возможности использования IP-шифратора на тех или иных участках компьютерной сети с заданными временными задержками, а также оценить параметр средней скорости шифрования IP-потоков.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной статье рассмотрена актуальность необходимости формирования адаптивной структуры IP-шифратора, имеющего требуемые криптографические свойства. Рассмотрены возможные подходы к построению узлов подстанции. Сформированы предложения по улучшению методики оценки работы IP-шифратора в реальных условиях эксплуатации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р ИСО/МЭК 15408-2 2002. Информационные технологии. Методы и средства обеспечения безопасности. Критерии оценки безопасности информационных технологий.
2. Положение о разработке, производстве, реализации и эксплуатации шифровальных (криптографических) средств защиты информации (ПКЗ-2005). Приложение к приказу ФСБ России от 9 февраля 2005 г. № 66.
3. Типовые требования по организации и обеспечению функционирования шифровальных (криптографических) средств, предназначенных для защиты информации, не содержащей сведений, составляющих государственную тайну, в случае их использования для обеспечения безопасности персональных данных, при их обработке в информационных системах персональных данных.

4. Петров А.А. Компьютерная безопасность // Криптографические методы защиты – ДМК, 2000. – С. 7-51.
5. Иванов М.А., Зензин О.С. Стандарт криптографической защиты AES // Конечные поля. – М.: КУДИЦ-ОБРАЗ, 2002. – 174 с.
6. Фейлер В. Введение в теорию вероятностей и ее приложения. – М: Мир, 1984. – 527 с.

Комашинский Владимир Владимирович

Академия ФСО России, г. Орел
Кандидат технических наук, сотрудник
Тел.: 8 920 082 93 93

Куцакин Максим Алексеевич

Академия ФСО России, г. Орел
362 учебная группа, сотрудник
Тел.: 8 980 366 96 59

V.V. KOMASHINSKIY (*Candidate of Engineering Sciences*)

M.A. KUTSAKIN (*Employee*)

Academy the FSS of Russia

FORMATION OF PROPOSALS TO DEVELOP ADAPTIVE STRUCTURE IP-ENCODER AND EVALUATION OF HIS WORK

The overall objective of the work is to provide the required level of security for transmitted information and computer networks of confidential information through encryption.

When evaluating and choosing the right variety of parameters of the encryption of the communication session in a different form, it is possible to create a fast and efficient IP-encoder that meets all regulatory requirements in this area of research.

Keywords: *IP-encoder; S-boxes; adaptive structure IP-encoder; parameters of the communication session; strength of the encryption algorithm; level security.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. GOST R ISO/MEK 15408-2 2002. Informacionny'e texnologii. Metody' i sredstva obespecheniya bezopasnosti. Kriterii ocenki bezopasnosti informacionny'x texnologij.
2. Polozhenie o razrabotke, proizvodstve, realizacii i e'kspluatacii shifroval'ny'x (kriptograficheskix) sredstv zashhity' informacii (PK 3-2005). Prilozhenie k prikazy FSB Rossii ot 9 fevralya 2005 g. № 66.
3. Tipovy'e trebovaniya po organizacii i obespecheniyu funkcionirovaniya shifroval'ny'x (kriptograficheskix) sredstv, prednaznachenny'x dlya zashhity' informacii, ne sodержashhej svedenij, sostavlyayushhix gosudarstvennuyu tajnu, v sluchae ix ispol'zovaniya dlya obespecheniya bezopasnosti personal'ny'x danny'x, pri ix obrabotke v informacionny'x sistemax personal'ny'x danny'x.
4. Petrov A.A. Komp'yuternaya bezopasnost' // Kriptograficheskie metody' zashhity' – ДМК, 2000. – С. 7-51.
5. Ivanov M.A., Zenzin O.S. Standart kriptograficheskoy zashhity' AES // Konechny'e polya. – М.: KUDICZ-OBRAZ, 2002. – 174 s.
6. Fejler V. vvedenie v teoriyu veroyatnostej i eyo prilozheniya. – М.: Mir, 1984. – 527 s.

ТРЕБОВАНИЯ к оформлению статьи для опубликования в журнале «Информационные системы и технологии»

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

Объем материала, предлагаемого к публикации, измеряется страницами текста на листах формата А4 и содержит от 4 до 9 страниц; все страницы рукописи должны иметь сплошную нумерацию.

В одном сборнике может быть опубликована только одна статья одного автора, включая соавторство.

Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

Аннотации всех публикуемых материалов, ключевые слова, информация об авторах, списки литературы будут находиться в свободном доступе на сайте соответствующего журнала и на сайте Российской научной электронной библиотеки – РУНЭБ (Российский индекс научного цитирования).

ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ НАУЧНОЙ СТАТЬИ

Научная статья, предоставляемая в журналы, должна иметь следующие **обязательные** элементы:

- постановка проблемы или задачи в общем виде;
- анализ достижений и публикаций, в которых предлагается решение данной проблемы или задачи, на которые опирается автор, выделение научной новизны;
- исследовательская часть;
- обоснование полученных результатов;
- выводы по данному исследованию и перспективы дальнейшего развития данного направления;
- библиография.

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ НАУЧНОЙ СТАТЬИ

• Статья должна быть набрана шрифтом Times New Roman, размер 12 pt с одинарным интервалом, текст выравнивается по ширине; абзацный отступ – 1,25 см, правое поле – 2 см, левое поле – 2 см, поля внизу и сверху – 2 см.

• **Обязательные элементы:**

- УДК
- заглавие (на русском и английском языках)
- аннотация (на русском и английском языках)
- ключевые слова (на русском и английском языках)
- список литературы, на которую автор ссылается в тексте статьи.

ТАБЛИЦЫ, РИСУНКИ, ФОРМУЛЫ

• Все таблицы, рисунки и основные формулы, приведенные в тексте статьи, должны быть пронумерованы.

• **Формулы** следует набирать в редакторе формул Microsoft Equation 3.0 с размерами: обычный шрифт – 12 pt, крупный индекс – 10 pt, мелкий индекс – 8 pt. **Формулы, внедренные как изображение, не допускаются!** Русские и греческие буквы, а также обозначения тригонометрических функций набираются прямым шрифтом, латинские буквы – *курсивом*.

• **Рисунки** и другие иллюстрации (чертежи, графики, схемы, диаграммы, фотоснимки) следует располагать непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые. Рисунки, число которых должно быть логически оправданным, представляются в виде отдельных файлов в формате *.eps (Encapsulated PostScript) или TIF размером не менее 300 dpi.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

• В конце статьи приводятся набранные 10 pt сведения об авторах в такой последовательности: фамилия, имя, отчество (полужирный шрифт); учреждение или организация, ученая степень, ученое звание, должность, адрес, телефон, электронная почта (обычный шрифт).

Сведения об авторах предоставляются отдельным файлом и обязательно дублируются на английском языке.