

№ 5 (73) сентябрь-октябрь 2012

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)

Сдано в набор 15.08.2012 г.
Подписано в печать 26.08.2012 г.

Формат 60х88 1/8.
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»

Материалы статей печатаются в авторской редакции.
Право использования произведений предоставлено
авторами на основании п. 2 ст. 1286 Четвертой части
ГК РФ.

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

Рубрики номера

1. Математическое
и программное обеспечение
вычислительной техники
и автоматизированных систем 5-12
2. Математическое и компьютерное
моделирование 13-57
3. Информационные технологии
в социально-экономических
и организационно-технических
системах 58-105
4. Автоматизация и управление
технологическими процессами
и производствами 106-118
5. Телекоммуникационные системы
и компьютерные сети 119 152

Редакция

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

Адрес учредителя журнала

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

Адрес редакции

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

Зарег. в Федеральной службе по надзору в сфере
связи, информационных технологий
и массовых коммуникаций.
Св-во о регистрации средства массовой
информации ПИ № ФС77-47350 от 03.11.2011 г.

©Госуниверситет – УНПК, 2012

№ 5 (73) September-October 2012

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

Editorial council

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

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

Editor-in-chief

Konstantinov I.S.

Editorial board

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

*It is sent to the printer's on 15.08.2012,
26.08.2012 is put to bed
Format 60x88 1/8.*

*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 5-12
2. Mathematical modeling
and computer simulation 13-57
3. An information technologies in socio-
economic and organizational-technical
systems 58-105
4. Automation and control
of technological processes
and manufactures 106-118
5. Telecommunication systems
and computer networks 119-152

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.gu-unpk.ru;
E-mail: unpk@ostu.ru

The address of the editorial office

302020, Orel, Highway Naugorskoe, 40
(4862) 43-40-39; www.gu-unpk.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
ПН № ФС77-47350 from 03.11.2011.*

© State University – ESPC, 2012

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ

ДЕМУРИН В.Б.

Метод многокритериального выбора номера в информационной системе гостиничного комплекса в условиях неопределённости	5
--	---

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

АВЕРКОВА О.А., ИВАНЕНКОВ Д.И., ЛОГАЧЕВ К.И., ТОЛМАЧЕВА Е.И.

Моделирование вихревых нестационарных течений в разомкнутых областях	13
---	----

ГРАЕВСКИЙ К.А.

Исследования фонетического строя речи дикторов на основе кластерной модели минимальных речевых единиц	21
--	----

МУСИХИНА Е.А., ДМИТРИЕВА Л.Ю., ВЕРХОТУРОВ В.В.

Применение информационных технологий для экологической оценки почвенного покрова	28
--	----

СОЛОВЬЕВ А.М.

О математической модели структурного контроля аппаратуры каналаообразования	35
---	----

ТАРАКАНОВ О.В.

Принцип семантического связывания сущностей в инфологической модели базы данных	43
--	----

ЦЫГАНКОВА И.А.

Эволюционный метод классификации биологических объектов	50
---	----

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ И ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

БОЯРШИНОВ А.В., ПЛОСКОВ С.Ю., СТАРЫХ В.А.

Программная интеграция современных мобильных средств вычислительной техники на основе свободного программного обеспечения – для образовательных учреждений	58
---	----

КОЧЕТКОВА И.А., ДОВГАЛЬ В.М., НИКИТИН В.М., ЛИПУНОВА Е.А.

Алгоритм диагностики состояния пациента на основе распознавания его виртуального образа	67
--	----

ОВСЯННИКОВ А.А., ГОЛУБИНСКИЙ Е.Ю.

Формирование системы характеристик качества информационно-аналитических материалов	73
--	----

ПЕТРОВ В.А., ТРУБИНА Е.В.

Управление знаниями в организации	82
---	----

ПЕТРОВ А.А., АЛЛАЯРОВА Н.А.

Об одной задаче управления капиталом потребителя	87
--	----

ПОЛЯКОВ А.А., ЧУПРИКОВА Е.А.

Услуга как основа экономической деятельности ИТ-компаний	92
--	----

СТЫЧУК А.А., ПОСТНИКОВ М.В.

Актуальность и проблемы использования свободного программного обеспечения для оказания электронных услуг населению	100
---	-----

АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ

КОЛОКОЛОВ Ю.В., МОНОВСКАЯ А.В., ГОДОВНИКОВ Е.А.

Реализация прогнозирования срыва эксплуатационного режима в импульсном преобразователе энергии в реальном времени	106
--	-----

ЛУПИН С.А., ЧЖО МЬО ХТУН

О применимости итерационного алгоритма для распределения нагрузки в системах обслуживания	114
--	-----

ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ СЕТИ

БАБИЧ А.В.

Повышение эффективности работы гостевой распределенной системы мониторинга	119
--	-----

МИРОНОВ А.Е., ПЕРЕВЕРЗЕВ А.Н.

Алгоритм оценки канального ресурса звена мультисервисной сети с учетом разных требований к качеству обслуживания	128
---	-----

ТИМОШЕНКО С.И., СУХАНОВ В.И., ЗАСТРОЖНЫЙ А.Н.

Исследование применимости WEB-ориентированных геоинформационных технологий для ЕАМ-систем	136
--	-----

ФИСУН А.П., ФИСЕНКО В.Е.

Новый подход к математическому моделированию распределенных оперативно-реконфигурируемых систем обмена данными	146
---	-----

CONTENT

SOFTWARE OF THE COMPUTER FACILITIES AND THE AUTOMATED SYSTEMS

DEMURIN V.B.

Method of multicriterial selection of a hotel room in the information system of a hotel complex in the conditions of uncertainty	5
---	---

MATHEMATICAL AND COMPUTER SIMULATION

AVERKOVA O.A., IVANENKOV D.I., LOGACHEV K.I., TOLMACHEVA E.I.

Modeling of unsteady flow of an eddy in open areas	13
--	----

GRAEVSKIY K.A.

Studies of the phonetic system of the speech of the announcer on the basis of cluster model of the minimum speech units	21
--	----

MUSIKHINA E.A., DMITRIEVA L.Yu., VERKHOTUROV V.V.

Application of information technologies for the ecological assessment of the soil cover	28
---	----

SOLOVYOV A.M.

About mathematical model of channel translating equipment	35
---	----

TARAKANOV O.V.

Binding semantic principle of the essence in infological model databases	43
---	----

TSYGANKOVA I.A.

Evolutionary method of classification of biological objects	50
---	----

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

A.V. BOYARSHINOV, PLOSKOV S.Yu., STARYX V.A.

Program integration of modern mobile computer's aids on the basis of open source software – for educational institutions	58
---	----

KOCHETKOVA I.A., DOVGAL V.M., NIKITIN V.M., LIPUNOVA E.A.

Diagnostic algorithm of a patient-based recognition of his virtual image	67
---	----

OVSYANNIKOV A.A., GOLUBINSKIY E.Yu.

Forming of the quality characteristics system of informational-analytical materials	73
---	----

PETROV V.A., TRUBINA E.V.

Knowledge management in organizations	82
---	----

PETROV A.A., ALLAYAROVA N.A.

On a problem of capital management of the consumer	87
--	----

POLYAKOV A.A., ChUPRIKOVA E.A.

Service as a basis of economic activity of companies	92
--	----

STYCHUK A.A., POSTNIKOV M.V.

Urgency and problems of use free software for rendering of electronic services to the population	100
--	-----

AUTOMATION AND MANAGEMENT OF TECHNOLOGICAL PROCESSES AND MANUFACTURES

KOLOKOLOV Yu.V., MONOVSKAYA A.V., GODOVNIKOV E.A.

Realization of real-time forecasting the operating process failure in pulse energy converter	106
--	-----

LUPIN S.A., ChZHO M'O HTUN

On the applicability of the iterative algorithm for the distribution of the load in the systems of service	114
--	-----

TELECOMMUNICATION SYSTEMS AND COMPUTER NETWORKS

BABICH A.V.

Increasing efficiency of distributed guest monitoring system work	119
---	-----

MIRONOV A.E., PEREVERZEV A.N.

The algorithm of estimation channel resource management multiservice network with taking into account the various requirements to the quality of service	128
---	-----

TIMOSHENKO S.I., SUKHANOV V.I., ZASTROZHNY A.N.

Investigation of the applicability of WEB-based gis technology to EAM-system	136
---	-----

FISUN A.P., FISENKO V.E.

A new approach to mathematical modeling of distributed systems operative reconfigurable exchange data	146
--	-----

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ

УДК 004.424.4:640.41

В.Б. ДЕДУРИН

МЕТОД МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО ВЫБОРА НОМЕРА
В ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ ГОСТИНИЧНОГО КОМПЛЕКСА
В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ

В статье описывается метод многокритериального выбора гостиничного номера. Внедрение данного метода в информационную систему гостиничного комплекса позволит упростить задачу выбора номера, удовлетворяющего потребности клиента.

Ключевые слова: гостиничный комплекс; гостиничный номер; метод многокритериального выбора.

ВВЕДЕНИЕ

Гостиничный комплекс как объект хозяйственной деятельности призван предоставить обширный перечень сервисных и развлекательных услуг своим гостям и потенциальным клиентам. Комплекс обычно состоит из нескольких зданий-гостиниц (корпусов). Каждый корпус имеет ряд характеристик, таких, как класс (двух-, трёх-, пятизвездочный и т.д.), количество этажей в здании, общее количество номеров и их категории (VIP-номера, номера класса люкс; стандартные номера, эконом класс, номера «без условий»), местность номера (одно-, двух-, трёхместные и т.д.), наличие служб быта: ежедневная уборка, прачечная, химчистка, питание (рестораны, бары, бистро) и развлечения (бассейн, сауна, бильярд и т.д.).

От типа корпуса и местности зависит размер оплаты. Каждый корпус может рассматриваться также как объект водоснабжения, теплоснабжения, электроснабжения, объект предоставления телекоммуникационных услуг, что позволяет достигать максимально комфортных условий пребывания в номерах каждого гостя гостиничного комплекса.

Множество разнообразных услуг и развлечений, предоставляемых комплексом, также добавляет трудностей, связанных с выбором гостиничного номера, который бы полностью удовлетворял потребности клиента.

МЕТОД МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО ВЫБОРА ГОСТИНИЧНОГО НОМЕРА

Для решения задачи, связанной с выбором оптимального гостиничного номера из множества возможных вариантов, был предложен метод многокритериального выбора гостиничного номера, который основан на использовании метода анализа иерархий, предложенного Т. Саати [4]. Алгоритм метода представлен на рисунке 1.

Модель проблемы принятия решений можно представить совокупностью целевых функций f_i , $i = \overline{1, m}$ и набором альтернатив принимаемых решений $x = \{x_j\} \subset X$, $j = \overline{1, n}$ в виде:

$$f_i(x_j) \rightarrow \max, \quad i = \overline{1, m}, \quad j = \overline{1, n}, \\ x \in X$$

где m – количество целевых функций;

$x = \{x_1, x_2, \dots, x_n\} \subset X$ – конечное множество альтернатив принимаемых решений, содержащее n элементов x_j .

Значения чисел m и n должны быть относительно невелики, поскольку именно они в МАИ определяют трудоёмкость диалоговых процедур реального масштаба времени по извлечению дополнительной информации о задаче.

Задача выбора номера может быть сформулирована следующим образом. Требуется выбрать наиболее предпочтительный вариант гостиничного номера по глобальному критерию эффективности $F(x) = \{f_1(x), f_2(x), f_3(x), f_4(x), f_5(x)\}$, который обеспечивает максимальную удовлетворённость посетителя от пребывания в нём, путём максимизации

частных критериев $f_1(x)$, $f_2(x)$, $f_3(x)$, $f_4(x)$, $f_5(x)$, являющихся заявленными требованиями (потребностями) посетителя отеля при бронировании или в момент прибытия [1, 3].

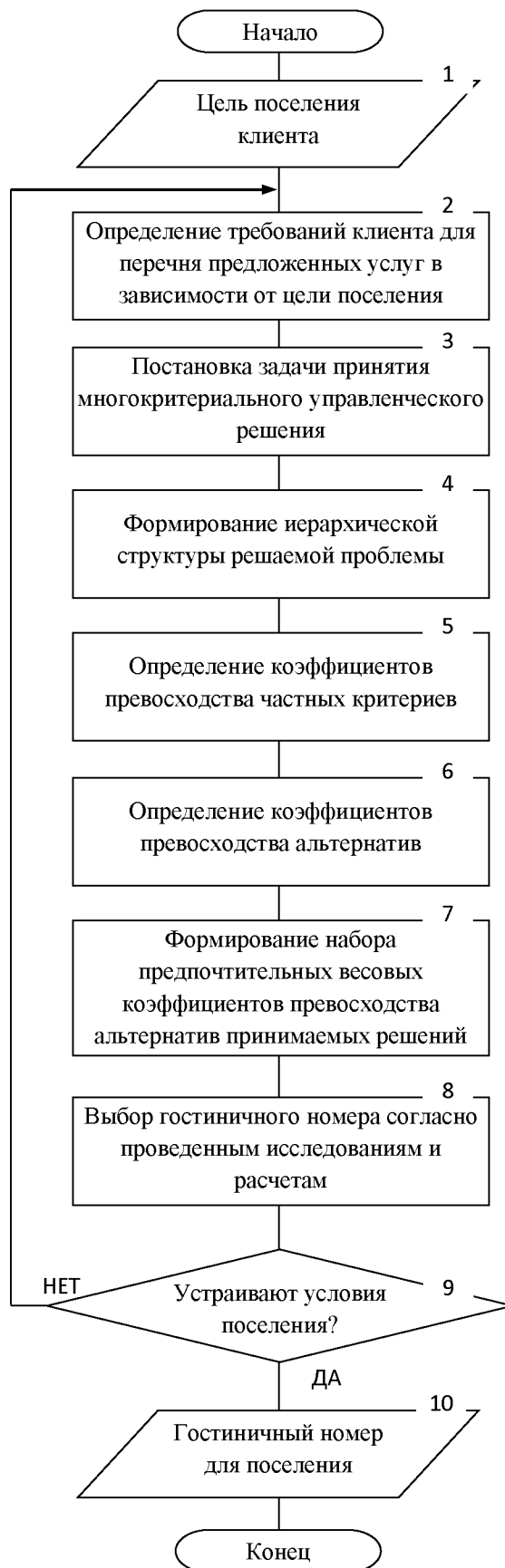


Рисунок 1 – Метод многокритериального выбора гостиничного номера в условиях неопределённости

Набор целевых функций основан на ранжированном перечне услуг типового гостиничного комплекса [2]. В качестве примера локальных критериев с целью демонстрации работы метода возьмём следующие целевые функции: $f_1(x)$ – удалённость от автостоянки, $f_2(x)$ – приближённость к местам общепита, $f_3(x)$ – приближённость к развлекательному комплексу, $f_4(x)$ – комфортность температурного режима в номере, $f_5(x)$ – насыщенность номера телекоммуникационными услугами и средствами связи. Количество гостиничных номеров в комплексе ограничено.

Необходимость сравнительного анализа достаточно обширного множества возможных альтернатив гостиничных номеров приводит к выводу о необходимости осуществления двойного, а то и тройного прогона задачи многокритериального выбора на заданном наборе критериев-потребностей посетителя.

На первом прогоне в качестве альтернатив рассматриваются целые категории номеров (VIP-номера, номера класса люкс; стандартные номера, эконом класс, номера «без условий»), на втором – блоки из соизмеримых номеров выбранной категории, а уже на третьем прогоне может идти речь о конкретном номере. В нашем случае опишем лишь один прогон – заключительный, так как все они аналогичны по своему алгоритмическому содержанию.

Во время эксперимента в качестве объекта исследования был выбран один из гостиничных комплексов, расположенных в городе-курорте Анапа. Комплекс состоит из двух корпусов. В качестве альтернатив принимаемых решений $A = \{A_1, A_2, A_3, A_4, A_5\}$ были выбраны следующие номера данного учреждения: A_1 – № 402; A_2 – № 118; A_3 – № 21, A_4 – №56, A_5 – № 89 (табл. 1).

Таблица 1– Сравнительный анализ альтернативных вариантов номеров по критериям

Частные критерии	Альтернативные варианты номеров				
	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
$f_1(x)$	Близко	Сравнительно близко	Действительно близко	Сравнительно близко	Сравнительно близко
$f_2(x)$	Достаточно близко	Неблизко	Очень близко	Недостаточно близко	Очень близко
$f_3(x)$	Очень близко	Очень близко	Достаточно близко	Достаточно близко	Очень близко
$f_4(x)$	Очень высокая	Сравнительно высокая	Высокая	Высокая	Сравнительно высокая
$f_5(x)$	Высокая	Невысокая	Достаточно высокая	Невысокая	Сравнительно высокая

В состав создаваемой иерархической структуры решаемой проблемы целесообразно включить уровни:

- 1) верхний начальный уровень, на котором располагается фокус иерархии с глобальным критерием $F(x)$ решаемой проблемы выбора гостиничного номера;
- 2) первый иерархический уровень критериев с пятью локальными критериями эффективности $f_1(x)$, $f_2(x)$, $f_3(x)$, $f_4(x)$, $f_5(x)$;
- 3) второй иерархический уровень альтернатив с пятью принимаемыми управленческими решениями – номеров гостиничного комплекса A_1, A_2, A_3, A_4, A_5 (рис. 2).

Затем определяем коэффициенты превосходства частных критериев. Для этого формируем матрицу парных сравнений $[S_f^{m \times m}]$, которая отражает оценку критериев по отношению друг к другу. Размерность матрицы $[S_f^{m \times m}]$ должна быть 5×5 (по числу критериев), строки и столбцы матрицы именуются названием частных критериев. Все диагональные элементы матрицы $[S_f^{5 \times 5}]$ принимают значение, равное единице. Относительная важность элементов матрицы $[S_f^{5 \times 5}]$ назначается по шкале предпочтений Саати [4]. Недиагональные элементы матрицы $[S_f^{5 \times 5}]$ определяются по результатам экспертных опросов ($\alpha_{12} - ?$, $\alpha_{23} - ?$, $\alpha_{34} - ?$, $\alpha_{45} - ?$) с последующим вычислением всех недостающих коэффициентов по формулам:

$$\alpha_{ij} = 1/\alpha_{ji}, \quad \alpha_{ij} = \alpha_i / \alpha_j, \quad \alpha_{ij} = \alpha_{ik} \times \alpha_{kj}, \quad \frac{\alpha_i}{\alpha_k} \cdot \frac{\alpha_k}{\alpha_j} = \frac{\alpha_i}{\alpha_j}.$$

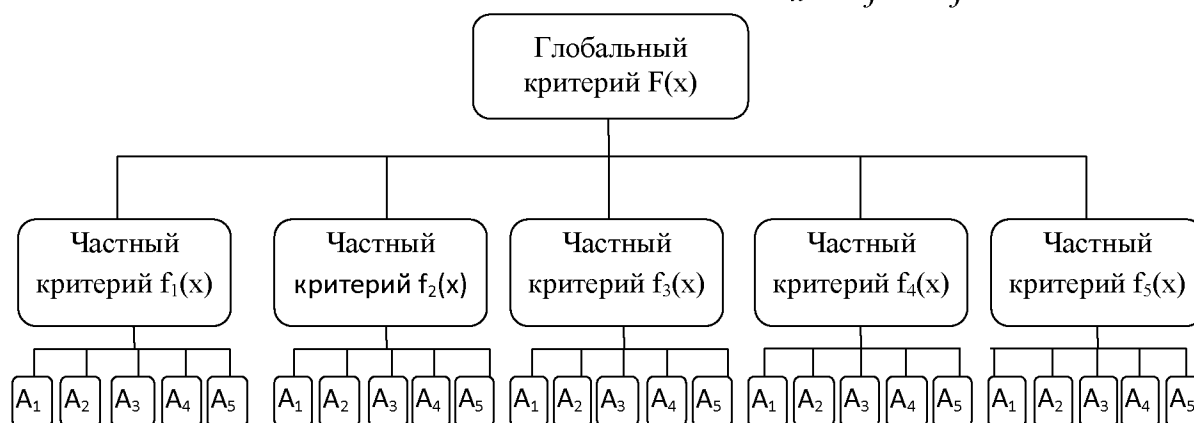


Рисунок 2 – Иерархическая структура многокритериальной проблемы выбора номера в информационной системе гостиничного комплекса

Результаты парных сравнений частных критериев, полученные путём опроса мнений экспертов, которыми на начальном этапе исследования выступали клиенты и работники туристско-рекреационной сферы, занесены в матрицу $[S_{f5 \times 5}]$, приведённую на рисунке 3.

		f_1	f_2	f_3	f_4	f_5
$[S_{f5 \times 5}]$	f_1	1	1/3	4	1	2
	f_2	3	1	3	1	3
	f_3	1/4	1/3	1	1/5	1/3
	f_4	1	1	5	1	5
	f_5	1/2	1/3	3	1/5	1

Рисунок 3 – Исходная матрица парных сравнений частных критериев

Постоялец гостиничного комплекса может при желании высказать своё мнение относительно важности для него тех или иных критериев. Их пожелания учитываются при подборе номера.

Для вычисления элемента v_{fij} нормированной матрицы парных сравнений частных критериев $[N_{f m \times m}]$ необходимо соответствующий элемент α_{fij} исходной матрицы парных сравнений частных критериев $[S_{f m \times m}]$ разделить на сумму элементов j -го столбца, то есть элементы первого столбца матрицы $[S_{f m \times m}]$ необходимо разделить на сумму элементов первого столбца, элементы второго столбца – на сумму элементов второго столбца и так далее:

$$v_{fij} = \alpha_{fij} / \sum_{i=1}^m \alpha_{fij}; \quad j = \overline{1, m}.$$

Например, элемент v_{f11} первой строки первого столбца нормированной матрицы парных сравнений частных критериев $[N_{f5 \times 5}]$ равен:

$$v_{f11} = \alpha_{f11} / (\alpha_{f11} + \alpha_{f21} + \alpha_{f31} + \alpha_{f41} + \alpha_{f51}) = 1 / (1 + 3 + 1/4 + 1 + 1/2) = 0.210.$$

Относительные значения весовых коэффициентов $v_{f1} - v_{f5}$ частных критериев $f_1(x) - f_5(x)$ вычисляются как средние значения элементов соответствующих строк нормированной матрицы парных сравнений $[N_{f5 \times 5}]$ по формуле:

$$v_{fi} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m v_{fij}; \quad i = \overline{1, m}.$$

Например, весовой коэффициент v_{f1} частного критерия $f_1(x)$ равен:

$$v_{f1} = (v_{f11} + v_{f12} + v_{f13} + v_{f14} + v_{f15})/m = \\ = (0.210 + 0.111 + 0.260 + 0.294 + 0.177)/5 = 0.210.$$

Результаты вычисления относительных значений весовых коэффициентов v_{fi} и усреднённых значений весовых коэффициентов v_{fi} частных критериев занесены в нормированную матрицу парных сравнений $[N_{f5 \times 5}]$ и в столбец v_{fi} , присоединённый справа к этой матрице, изображённой на рисунке 4.

	f_1	f_2	f_3	f_4	f_5	v_{fi}
f_1	0.210	0.111	0.260		0.177	0.210
				0.294		
f_2	0.522	0.334	0.187	0.294	0.265	0.321
f_3	0.043	0.111	0.063	0.059	0.029	0.061
f_4	0.174	0.334	0.313	0.294	0.441	0.311
f_5	0.087	0.110	0.187	0.059	0.088	0.106

Рисунок 4 – Нормированная матрица парных сравнений частных критериев

Затем производится определение коэффициентов превосходства альтернатив по той же схеме, что и определение коэффициентов превосходства частных критериев. Для каждого частного критерия ($f_1(x)$ – удалённость от автостоянки, $f_2(x)$ – приближённость к местам общепита, $f_3(x)$ – приближённость к развлекательному комплексу, $f_4(x)$ – комфортность температурного режима в номере, $f_5(x)$ – насыщенность номера телекоммуникационными услугами и средствами связи) строится матрица парных сравнений $[Sf_{i n \times n}]$. Для построения такой матрицы попарно сравнивается альтернатива строки с альтернативой столбца по отношению к одному исследуемому частному критерию. Матрица $[Sf_{i n \times n}]$ имеет размерность 5×5 (по числу альтернатив). Строки и столбцы матрицы называются именами соответствующих альтернатив.

Для оценки фактора f_2 (приближённости к местам общепита) следует построить матрицу $[Sf_2 5 \times 5]$. Для этого попарно сравнивается альтернатива строки с альтернативой столбца по отношению к «приближённости к местам общепита» каждого из номеров. Никакие другие критерии при этом не учитываются. Значения из шкалы относительной важности вписываются в ячейки, образованные пересечением соответствующей строки и столбца. Диагональ этой матрицы заполняется значением «1», а ячейки, лежащие ниже диагонали, заполняются обратными значениями (рис. 5).

Нормализация матрицы парных сравнений альтернатив по критерию «приближённости к местам общепита» $[Sf_2 5 \times 5]$ выполняется по приведённой выше процедуре. Результаты вычисления относительных элементов занесены в нормированную матрицу парных сравнений $[Nf_2 5 \times 5]$. Вычисленные значения весовых коэффициентов частных критериев занесены в столбец v_{f2ij} , который присоединён справа к матрице $[Nf_2 5 \times 5]$, приведённой на рисунке 6.

	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
A_1	1	4	3	6	3
A_2	1/4	1	2	5	2
A_3	1/3	1/2	1	7	1
A_4	1/6	1/5	1/7	1	1/7
A_5	1/3	1/2	1	7	1

Рисунок 5 – Матрица парных сравнений альтернатив по критерию «приближённости к местам общепита»

		A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	$\nu f_{2 A_j}$
$[Nf_{2 \ 5 \times 5}]$	A ₁	0.482	0.645	0.419		0.419	0.439
	A ₂				0.231		
	A ₃	0.159	0.081	0.139	0.192	0.279	0.206
	A ₄	0.079	0.032	0.020	0.269	0.139	0.157
	A ₅	0.159	0.081	0.139	0.038	0.020	0.037
					0.269	0.139	0.157

Рисунок 6 – Нормированная матрица парных сравнений альтернатив по критерию «приближённости к местам общепита»

Значения весовых коэффициентов критерия «приближённости к местам общепита» (столбец $\nu f_{2 A_j}$, рис. 6) свидетельствуют о том, что наиболее предпочтительными альтернативами по критерию «приближённости к местам общепита» являются № 402 (вариант A₁, весовой коэффициент $\nu f_{2 A_1} = 0.439$) и № 118 (вариант A₂, весовой коэффициент $\nu f_{2 A_2} = 0.206$). Значение коэффициента относительной согласованности исходной матрицы $[Sf_{2 \ 5 \times 5}]$ равно 8,15%, что меньше граничного допустимого значения 10%, за пределами которого требуется пересматривать суждения экспертов или менять их состав.

Для оценки фактора f_4 (комфортность температурного режима в номере) построены матрицы исходных парных сравнений $[Sf_{4 \ 5 \times 5}]$ (рис. 7) и нормированных парных сравнений $[Nf_{4 \ 5 \times 5}]$ (рис. 8).

		A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅
$[Sf_{4 \ 5 \times 5}]$	A ₁	1	3	5	5	3
	A ₂	1/3	1	4	4	1
	A ₃	1/5	1/4	1	1	1/4
	A ₄	1/5	1/4	1	1	1/4
	A ₅	1/3	1	4	4	1

Рисунок 7 – Матрица парных сравнений альтернатив по критерию «комфортности температурного режима в номере»

Значения весовых коэффициентов критерия «комфортности температурного режима в номере» (столбец $\nu f_{4 A_j}$, рис. 8) свидетельствуют, что наиболее предпочтительными альтернативами по критерию f_4 (комфортности температурного режима) в номере являются № 402 (вариант A₁, весовой коэффициент $\nu f_{4 A_1} = 0.448$), № 118 (вариант A₂, коэффициент $\nu f_{4 A_2} = 0.211$) и № 89 (вариант A₅, коэффициент $\nu f_{4 A_5} = 0.211$). Значение относительной согласованности матрицы $[Sf_{4 \ 5 \times 5}]$ равно 3,59%, что меньше граничной величины 10%, не позволяющей считать, что мнения экспертов согласованы. Аналогичным образом проведена сравнительная оценка альтернатив по всем частным критериям.

		A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	$\nu f_{4 A_j}$
$[Nf_{4 \ 5 \times 5}]$	A ₁	0.485	0.545	0.333	0.333	0.545	0.448
	A ₂	0.160	0.182	0.266	0.266	0.182	0.211
	A ₃	0.097	0.045	0.066	0.066	0.045	0.064
	A ₄	0.097	0.045	0.066	0.066	0.045	0.064
	A ₅	0.160	0.182	0.266	0.266	0.182	0.211

Рисунок 8 – Нормированная матрица парных сравнений альтернатив по критерию «комфортности температурного режима в номере»

Формирование набора предпочтительных весовых коэффициентов превосходства альтернатив принимаемых решений осуществляется на основании информации о значениях

весовых коэффициентов частных критериев v_{fi} и весовых коэффициентов альтернатив принимаемых решений (по характеристикам номеров) относительно каждого из частных критериев $v_{fi}(A_j)$ (удалённость от автостоянки, приближённость к развлекательному комплексу, насыщенность номера телекоммуникационными услугами и средствами связи и т.д.), которые приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результирующие значения глобального приоритета

Альтернативы	Веса частных критериев $v_{fi}(A_j)$					Вес v^*A_j
	v_{f1}	v_{f2}	v_{f3}	v_{f3}	v_{f5}	
A_1	0,414	0,439	0,303	0,448	0,059	0,3919
A_2	0,135	0,206	0,064	0,211	0,179	0,1817
A_3	0,074	0,157	0,164	0,064	0,472	0,1452
A_4	0,241	0,037	0,164	0,064	0,194	0,1107
A_5	0,135	0,157	0,303	0,211	0,095	0,1717
v_{fi}	0,210	0,321	0,061	0,311	0,106	

Значение предпочтительного весового коэффициента каждой отдельно взятой альтернативы принимаемого решения $v^*_{A_j}$ определяется как сумма произведений значений компонентов вектора приоритета частных критериев v_{fi} на значения компонентов вектора локального приоритета $v_{fi}(A_j)$ рассматриваемой альтернативы A_j в отношении данного критерия f_i , а именно

$$v^*_{A_j} = \sum_{i=1}^m v_{fi} \times v_{fi}(A_j), \quad j = \overline{1, n}.$$

Например, вычисление предпочтительного весового коэффициента превосходства альтернатив v^*_{A1} для альтернативы A_1 (№ 402) выполняется следующим образом:

$$\begin{aligned} v^*_{A1} &= v_{f1} \times v_{f1A1} + v_{f2} \times v_{f2A1} + v_{f3} \times v_{f3A1} + v_{f4} \times v_{f4A1} + v_{f5} \times v_{f5A1} = \\ &= 0,210 \times 0,414 + 0,321 \times 0,439 + 0,061 \times 0,303 + 0,311 \times 0,448 + \\ &+ 0,106 \times 0,059 = 0,3919. \end{aligned}$$

Вычисление остальных предпочтительных результирующих весовых коэффициентов превосходства альтернатив $v^*_{A_j}$ для альтернативы A_j производится аналогичным способом. Результаты вычислений занесены в правую колонку таблицы 2.

ВЫВОДЫ

Результаты выполненных расчётов показывают, что предпочтительной альтернативой, рекомендуемой к выбору, считается номер 402 с максимальным значением глобального приоритета, несмотря на его самую высокую стоимость (отталкиваясь от прейскуранта). Если у посетителя гостиничного комплекса обнаруживается нехватка финансовых средств на бронирование и поселение в этом номере, то выбор более дешёвого по цене варианта осуществляется путём пересчёта всех таблиц с учётом привлечения дополнительной информации о новых требованиях к разрабатываемому предложению и согласованности экспертных мнений.

Внедрение данного метода в информационную систему управления гостиничным комплексом позволит упростить выбор номера, наиболее полно удовлетворяющего все потребности клиента.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Демури В.Б. Моделирование комплекса услуг типового гостиничного предприятия // Научно-технический журнал «Информационные системы и технологии», 2011. – № 4(66). – С. 12-19.
2. Демури В.Б. Процедура ранжирования множества услуг типового гостиничного комплекса на основе рангов потребностей человека для сферы гостеприимства // Электронное научно-техническое издание «Наука и образование». – Москва: МГТУ им.

- Баумана, 2011. – № 5. – Шифр информрегистра: 04201100025/0055 [Электронный ресурс]. – URL: <http://technomag.edu.ru/doc/181090.html>.
3. Попов В.Н., Касьянов В.С., Савченко М.П. Системный анализ в менеджменте. – М.: КноРус, 2007. – 304 с.
4. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. – М.: Радио и связь. 1989. – 316 с.

Демурии Владимир Борисович

Кубанский государственный технологический университет, г. Краснодар

Аспирант кафедры «Вычислительная техника и автоматизированные системы управления»

Тел.: 8 918 312 31 33

E-mail: vbili@yandex.ru

V.B. DEMURIN

(Post-graduate student of the department

«Computing machinery and computerized control systems»)

Kuban State Technological University, Krasnodar

**METHOD OF MULTICRITERIAL SELECTION OF A HOTEL ROOM
IN THE INFORMATION SYSTEM OF A HOTEL COMPLEX
IN THE CONDITIONS OF UNCERTAINTY**

The article describes method of multicriterial selection of a hotel room. Implementing this method in the information system of a hotel complex can simplify the process of selecting a hotel room, satisfying the client's needs.

Keywords: hotel complex; hotel room; method of multicriterial selection.

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Demurin V.B. Modelirovanie kompleksa uslug tipovogo gostinichnogo predpriyatiya // Nauchno-texnicheskij zhurnal «Informacionny'e sistemy' i tehnologii», 2011. – № 4(66). – S. 12-19.
2. Demurin V.B. Procedura ranzhirovaniya mnozhestva uslug tipovogo gstinichnogo kompleksa na osnove rangov potrebnostej cheloveka dlya sfery' gostepriimstva // E'lektronnoe nauchno-texnicheskoe izdanie «Nauka i obrazovanie». – Moskva: MGTU im. Baumana, 2011. – № 5. – Shifr informreгистра: 04201100025/0055 [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://technomag.edu.ru/doc/181090.html>.
3. Popov V.N., Kas'yanov V.S., Savchenko M.P. Sistemny'j analiz v menedzhmente. – М.: KnoРус, 2007. – 304 s.
4. Saati T. Prinyatie reshenij. Metod analiza ierarxij. – М.: Radio i svyaz', 1989. – 316 s.

УДК 533.6:628.5

О.А. АВЕРКОВА, Д.И. ИВАНЕНКОВ, К.И. ЛОГАЧЕВ, Е.И. ТОЛМАЧЕВА

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ВИХРЕВЫХ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ТЕЧЕНИЙ
В РАЗОМКНУТЫХ ОБЛАСТЯХ**

Разрабатывается метод математического моделирования вихревых нестационарных течений в разомкнутой области, содержащей вытяжное отверстие и открытые проемы, откуда поступает среда из внешнего пространства. Рассматривается как односвязная, так и многосвязная области течения. Работа выполнена при поддержке Совета по грантам Президента РФ (код проекта: НШ-588.2012.8).

Ключевые слова: дискретные вихри; нестационарные течения; вихревые течения; условие Томпсона.

Метод сингулярных интегральных уравнений применяется для моделирования циркуляционных, вихревых и безвихревых течений в замкнутых и разомкнутых областях [1-15]. Одним из преимуществ данного метода является снижение размерности задачи. Границу области дискретизируют источниками (стоками) [1-3, 8] или вихрями [4-7, 9-15]. Второе направление развития метода более перспективно, поскольку дает возможность моделировать отрывные [4-6] и вихревые течения [7-14]. В этом случае, кроме присоединенных вихрей рассматриваются и свободные вихри, распространяющиеся внутри расчетной области. В такой интерпретации метод математического моделирования вихревых течений называется методом дискретных вихрей. В частности, этим методом решены задачи об отрыве потока на входе во всасывающие каналы и о вихревых нестационарных течениях внутри прямоугольной области [4-14]. Моделирование течений в непрямоугольных областях, содержащих открытые проемы для поступления среды извне, на входе в которые могут находиться тонкие профили, не осуществлялось. Такое моделирование необходимо для правильной организации вентиляции в промышленных цехах либо сельскохозяйственных помещениях, например, для содержания крупного рогатого скота. Кроме того, представляет интерес исследование вопроса о появлении неустойчивости нестационарных течений с их развитием во времени.

Целью данной работы является повышение эффективности метода математического моделирования для расчета вихревых нестационарных течений внутри непрямоугольной области при наличии вытяжного отверстия, открытых проемов и тонких профилей.

**ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ. ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ.
ВЫВОД ОСНОВНЫХ РАСЧЕТНЫХ СООТНОШЕНИЙ**

Физическая постановка задачи состоит в определении поля скоростей и вихревой структуры течения внутри замкнутого помещения непрямоугольной формы (рис. 1).

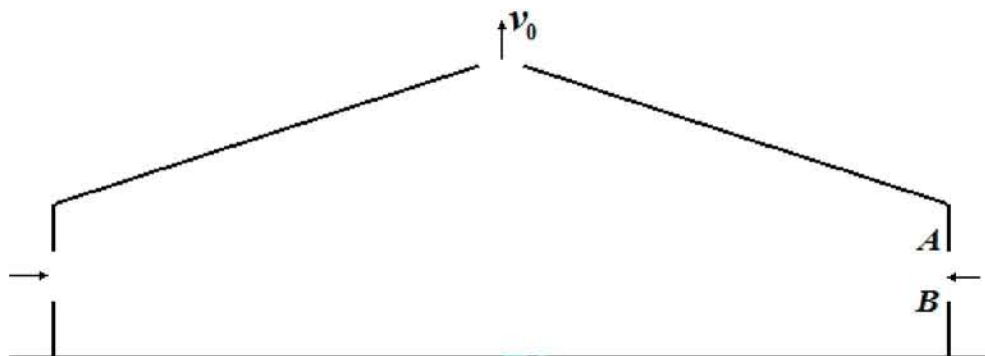


Рисунок 1 – К постановке задачи

Поскольку течение симметрично относительно вертикальной оси, то будем рассматривать лишь одну часть расчетной области (рис. 2), в открытом проеме которой

также могут содержаться тонкие профили. Полагаем, что среда идеальная, несжимаемая. Для построения математической модели использовался метод дискретных вихрей в нестационарной постановке.

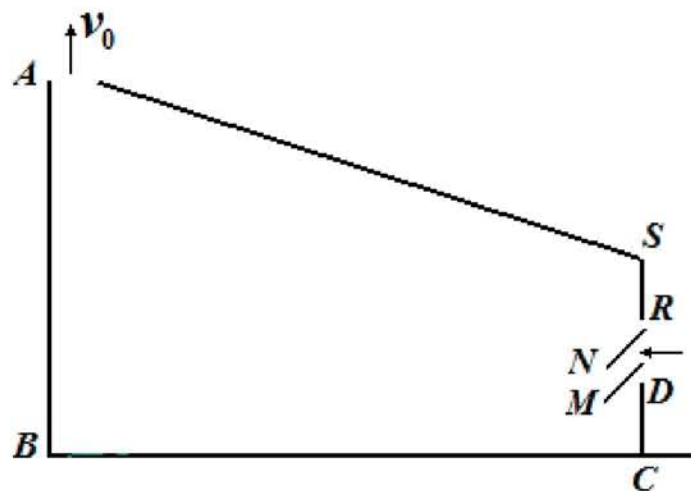


Рисунок 2 – Расчетная область течения

Математическая постановка задачи состоит в решении уравнения Лапласа для потенциальной функции φ в каждый расчетный момент времени:

$$\Delta\varphi = 0$$

при заданных значениях граничной нормальной составляющей скорости $\left. \frac{\partial\varphi}{\partial n} \right|_S = v_n(x) - U_n$,

где x – точка границы S . Функция U_n выражает влияние свободных вихрей, сходящихся в поток с острых кромок в каждый расчетный момент времени, вдоль направления внешней нормали.

Пусть граница области состоит из z линий, которые дискретизируем набором присоединенных вихрей и контрольных (расчетных) точек. На изломах и концах линий должны быть расположены вихри. В середине между двумя присоединенными вихрями находятся контрольные точки. Тогда, если число присоединенных вихрей равно N , то число контрольных точек составляет $N-z$. При $z=1$ алгоритм упрощается и соответствует моделированию вихревых течений в многосвязной области.

Рассмотрим начальный момент времени $t=+0$, когда включается всасывающее отверстие. В этот момент времени в области содержатся только присоединенные вихри. Влияние всех этих вихрей на контрольную точку x^p вдоль направления нормали определяется из выражения:

$$v_n(x^p) = \sum_{k=1}^N G(x^p, \xi^k) \Gamma(\xi^k), \quad (1)$$

где $G(x^p, \xi^k) = \frac{(x_1 - \xi_1)n_2 - (x_2 - \xi_2)n_1}{2\pi[(x_1 - \xi_1)^2 + (x_2 - \xi_2)^2]}$;

(x_1, x_2) – координаты точки x^p ;

(ξ_1, ξ_2) – координаты присоединенного вихря с циркуляцией $\Gamma(\xi^k)$, расположенного в точке ξ^k ;

$\{n_1, n_2\}$ – координаты орта вектора нормали $\vec{n}$ к границе области;

$v_n(x^p)$ – скорость в точке x^p вдоль направления $\vec{n}$, которая известна при постановке задачи.

Изменяя p от 1 до $N-z$ в выражении (1), получим систему $N-z$ уравнений с N неизвестными циркуляциями $\Gamma(\xi^k)$, где $k = \overline{1, N}$. Дополним рассматриваемую систему z уравнениями, являющимися дискретными аналогами условия Томпсона – неизменности циркуляции по жидкому контуру, охватывающему профиль и след (сумма циркуляций присоединенных вихрей, расположенных на данной линии и свободных вихрей, сходящих с нее, равна нулю). Тогда получим замкнутую систему линейных алгебраических уравнений:

$$\begin{cases} \sum_{k=1}^N G(x^p, \xi^k) \Gamma(\xi^k) = v_n(x^p); & p = \overline{1, N-z}, \\ \sum_{k=1+n_{c-1}}^{n_c} \Gamma(\xi^k) = 0, & c = \overline{1, z}. \end{cases}$$

Здесь $\sum_{c=1}^z n_c = N$; $n_0 = 0$; n_c – количество присоединенных вихрей на c -й линии.

После определения неизвестных циркуляций скорость в любой точке области вдоль любого заданного направления определяется из выражения (1), где вместо x^p подставляется рассматриваемая точка.

В момент времени $t = 1 \cdot \Delta t$ происходит отрыв L -свободных вихрей с L острых кромок границы. Строго говоря, вихри, лежащие на этих кромках, уже являлись свободными, поскольку по доказанной в [15] гипотезе Чаплыгина-Жуковского-Кутта присоединенный вихревой слой на профиле, с которой сходит пелена свободных вихрей, обращается в ноль. Сход свободных вихрей осуществляется по направлению скорости потока. Новое их положение вычисляется из старого по формулам:

$$x' = x + v_x \Delta t, \quad y' = y + v_y \Delta t, \quad (2)$$

где v_x, v_y – составляющие скорости, вычисляемые по формулам (1) при $\vec{n} = \{1, 0\}$ и $\vec{n} = \{0, 1\}$ соответственно, а вместо (x_1, x_2) подставляются координаты (x, y) . Циркуляции свободных вихрей с течением времени не изменяются. С учетом сошедших свободных вихрей система уравнений для определения неизвестных циркуляций присоединенных вихрей принимает вид:

$$\begin{cases} \sum_{k=1}^N G(x^p, \xi^k) \Gamma(\xi^k) + \sum_{l=1}^L G(x^p, \zeta^l) \gamma(\zeta^l) = v_n(x^p); & p = \overline{1, N-z}, \\ \sum_{k=1+n_{c-1}}^{n_c} \Gamma(\xi^k) + \sum_{l=1+L_{c-1}}^{L_c} \gamma(\zeta^l) = 0, & c = \overline{1, z}, \end{cases} \quad (3)$$

где ζ^l – точка расположения свободного вихря сошедшего с l -й острой кромки,

L_c – количество точек схода вихревой пелены с линии c ;

$$\sum_{c=1}^z L_c = L; \quad L_0 = 0.$$

В следующий момент времени сойдут еще L -свободных вихрей, предыдущие приобретут свое новое положение, определяемое из формулы (2), где составляющие скорости определяются с учетом наличия в потоке свободных вихрей:

$$v_n(x) = \sum_{k=1}^N G(x, \xi^k) \Gamma(\xi^k) + \sum_{l=1}^L G(x, \zeta^l) \gamma(\zeta^l).$$

В момент времени $t = 2 \cdot \Delta t$ система (3) преобразуется к виду:

$$\begin{cases} \sum_{k=1}^N G(x^p, \xi^k) \Gamma(\xi^k) + \sum_{\tau=1}^2 \sum_{l=1}^L G(x^p, \zeta^{l\tau}) \gamma(\zeta^{l\tau}) = v_n(x^p); & p = \overline{1, N-z}, \\ \sum_{k=1+n_{c-1}}^{n_c} \Gamma(\xi^k) + \sum_{\tau=1}^2 \sum_{l=1+L_{c-1}}^{L_c} \gamma(\zeta^{l\tau}) = 0, & c = \overline{1, z}, \end{cases}$$

где $\zeta^{l\tau}$ – точка расположения свободного вихря сошедшего с l -й острой кромки в момент времени τ ;

$\gamma(\zeta^{l\tau})$ – его циркуляция.

В произвольный момент времени $t = m \cdot \Delta t$ система уравнений для определения неизвестных циркуляций присоединенных вихрей имеет вид:

$$\begin{cases} \sum_{k=1}^N G(x^p, \xi^k) \Gamma(\xi^k) + \sum_{\tau=1}^m \sum_{l=1}^L G(x^p, \zeta^{l\tau}) \gamma(\zeta^{l\tau}) = v_n(x^p); & p = \overline{1, N-z}, \\ \sum_{k=1+n_{c-1}}^{n_c} \Gamma(\xi^k) + \sum_{\tau=1}^m \sum_{l=1+L_{c-1}}^{L_c} \gamma(\zeta^{l\tau}) = 0, & c = \overline{1, z}, \end{cases}$$

а скорость в любой заданной точке определяется из выражения:

$$v_n(x) = \sum_{k=1}^N G(x, \xi^k) \Gamma(\xi^k) + \sum_{\tau=1}^m \sum_{l=1}^L G(x, \zeta^{l\tau}) \gamma(\zeta^{l\tau}).$$

Если свободный вихрь приближался к непроницаемой границе на расстояние, меньшее λ (расстояние между соседним присоединенным вихрем и контрольной точкой), то он отодвигался от нее по нормали на расстояние λ .

Если же свободный вихрь приближался к всасывающему отверстию на то же расстояние, то вихрь удалялся из рассмотрения.

В случае приближения к вихрю на расстояние $x < \lambda$ величина вызываемой им скорости вызываемой определялась из формулы:

$$v(x) = xv / \lambda,$$

где v – скорость, вызываемая вихрем, расположенном на расстоянии λ .

На основе вышеизложенной математической модели разработана компьютерная программа, которая позволяет рассчитывать поле скоростей, строить линии тока и следить за развитием вихревой структуры в замкнутых и разомкнутых многосвязных областях, содержащих тонкие профили.

ПРИМЕР РАСЧЕТА

Моделирование в односвязной области (рис. 3) осуществлялось при следующих параметрах: шаг дискретности $h = 0.05$ м; шаг по времени $\Delta t = 0.06$ с; скорость в отсосе 1 м/с. Присоединенные вихри показаны по границе области в виде кружочков.

Линии тока строились после того, как свободные вихри (изображены точками на рисунке 3) полностью заполняют область. С течением времени вихревая структура (рис. 3 (а-з)) изменяется. Вначале поток среды прижимается к низу (рис. 3а-б), затем перемещается к центру (рис. 3(в, г)), затем располагается ближе к верхней части границы (рис. 3(д-з)). Заметим, тем не менее, что наблюдается неустойчивость течения – размеры верхних вихрей изменяются во времени, что наблюдается и при моделировании аспирационных течений [11].

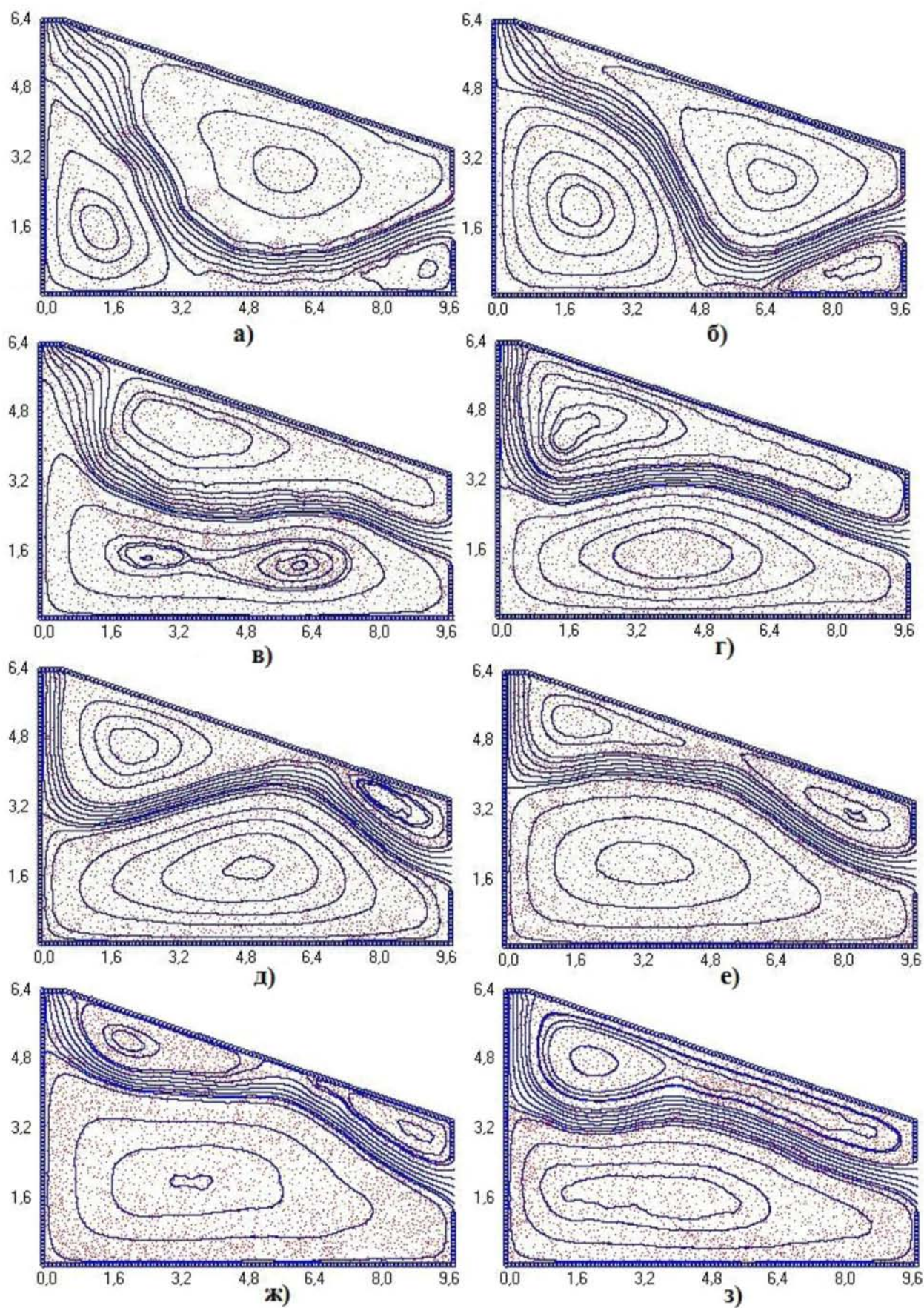


Рисунок 3 – Вихревая структура течения в разные моменты времени:

а) $t = 77с$ (2075 свободных вихрей); б) $t = 118$ (2695); в) $t = 155$ (3151); г) $t = 178$ (331);
 з) $t = 241$ (3696); д) $t = 423$ (4470); е) $t = 695$ (4980); ж) $t = 738$ (5118)

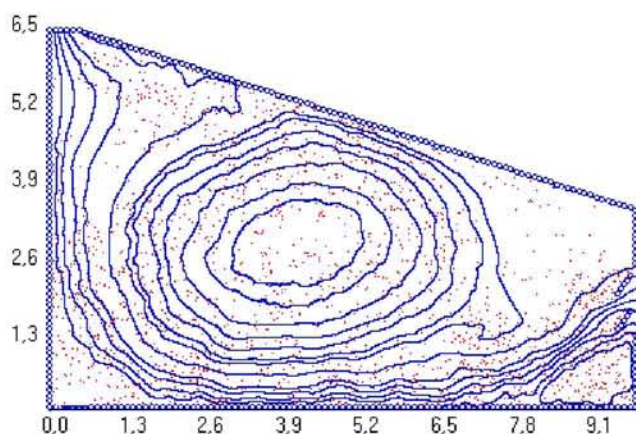


Рисунок 4 – Вихревая структура течения с двумя направляющими в открытом проеме

Расположением тонких профилей на входе в открытый проем можно добиться устойчивого течения среды вблизи нижней части границы (рис.4). Здесь использовались следующие параметры дискретной модели: шаг дискретности $h=0,1$ м; шаг по времени $\Delta t=0,06$ с; скорость в отсосе – 1м/с.

ВЫВОДЫ

На основе метода дискретных вихрей и условия Томпсона неизменности циркуляции по жидкому контуру, охватывающему профиль и след, построена математическая модель отрыва потока, отличающаяся от существующих учетом множества разрезов внутри расчетной области, с которых происходит сход вихревой пелены.

Разработан численный метод реализации указанной модели, основанный на построении рекуррентной вычислительной схемы, заключающейся в решении систем линейных алгебраических уравнений на каждом временном шаге, правая часть которых определяется с использованием ее значений в предыдущий момент времени и добавлении дискретных аналогов условий Томпсона для каждого из разрезов.

Разработана компьютерная программа для расчета вихревых нестационарных течений в разомкнутых областях с множеством профилей, позволяющих определять поле скоростей, строить линии тока и визуализировать изменение вихревой структуры течения во времени.

Разработанные методы и алгоритмы проведения вычислительных экспериментов являются основой для построения систем компьютерного и имитационного моделирования в области аэродинамики вентиляции. Обоснованность такого вывода иллюстрируется разработанной программной поддержкой, позволяющей проводить соответствующие вычислительные эксперименты.

Работа выполнена при поддержке Совета по грантам Президента РФ (код проекта: НШ-588.2012.8) и РФФИ №12-08-97500-р_центр_а.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Логачев И.Н., Логачев К.И., Нейков О.Д. Локализация пылевыведений при прессовании порошков // Порошковая металлургия, 1995. – № 3, 4. – С. 100-103.
2. Логачев К.И., Анжеуров Н.М. О моделировании воздушных течений вблизи щелевых всасывающих отверстий, ограниченных тонкими козырьками // Известия высших учебных заведений. – Строительство, 2003. – № 1. – С. 58-62.
3. Логачев К.И., Пузанок А.И. Комплекс программ «Спектр» для моделирования пылевоздушных течений вблизи щелевидных всасывающих отверстий // Известия ВУЗов. – Строительство, 2004. – № 1. – С. 59-64.
4. Логачев К.И., Пузанок А.И., Посохин В.Н. Расчет течений на входе в отсосы-раструбы методом дискретных вихрей // Известия ВУЗов. – Проблемы энергетики, 2004. – № 7-8. – С. 61-69.

5. Логачев К.И., Посохин В.Н. Расчет течения вблизи круглого всасывающего патрубка // Известия ВУЗов. – Авиационная техника, 2004. – № 1. – С. 29-32.
6. Логачев К.И., Пузанок А.И., Посохин В.Н. Расчет вихревого течения у щелевидного бокового отсоса // Известия ВУЗов. – Строительство, 2004. – № 6. – С. 64-69.
7. Логачев И.Н., Логачев К.И., Овсянников Р.Ю., Овсянников Ю.Г. Численный расчет вихревых течений на входе в щелевые неплотности аспирационных укрытий // Известия ВУЗов. – Сев.-Кавк. регион. Техн. науки, 2006. – Прил. № 5. – С. 49-54.
8. Логачев К.И., Пузанок А.И., Зоря В.Ю. Компьютерное моделирование пылегазовых потоков в пульсирующих аэродинамических полях // Вычислительные методы и программирование, 2006. – Т. 2. – № 1. – С. 195-201.
9. Аверкова О.А., Зоря В.Ю., Логачев К.И., Овсянников Р.Ю. Компьютерное моделирование циркуляционных течений в замкнутом помещении на основе метода дискретных вихрей // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова, 2007. – № 3. – С. 95-102.
10. Аверкова О.А., Зоря В.Ю., Логачев К.И. Особенности поведения пылевых аэрозолей в аспирационном укрытии стандартной конструкции // Химическое и нефтегазовое машиностроение, 2007. – № 11. – С. 34-36.
11. Логачев К.И., Аверкова О.А., Зоря В.Ю. Компьютерное моделирование распространения пылевых аэрозолей в аспирационном укрытии // Научные ведомости БелГУ. Серия «Информатика, прикладная математика, управление», 2007. – № 7(38). – Вып. 4. – С. 25-32.
12. Анжеуров Н.М., Аверкова О.А. Комплекс компьютерных программ для расчета пылевоздушных течений в системах аспирации // Новые огнеупоры, 2008. – № 5. – С. 53-58.
13. Аверкова О.А., Зоря В.Ю., Логачев К.И., Логачев И.Н. Численное моделирование воздушных течений на входе в щелевые неплотности аспирационных укрытий // Новые огнеупоры, 2010. – № 5. – С. 31-36.
14. Аверкова О.А., Зоря В.Ю., Логачев К.И. Компьютерное моделирование вихревых течений в аспирационном укрытии с щелевыми неплотностями // Научные ведомости БелГУ. Серия «История. Политология. Экономика. Информатика», 2010. – № 1. – Вып. 13/1. – С. 93-100.
15. Лифанов И.К. Метод сингулярных интегральных уравнений и численный эксперимент. – М.: Янус, 1995. – 520 с.
16. Хоперсков А.В. Формирование нестационарных режимов при моделировании аспирационных течений: неустойчивость Кельвина-Гельмгольца / А.В. Хоперсков, В.Н. Азаров, С.А. Хоперсков, Е.А. Коротков, А.Г. Журмалиев // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 1 «Математика. Физика», 2011. – № 1. – С. 141-155.

Аверкова Ольга Александровна

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород
Кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной математики
E-mail: olga_19572004@mail.ru

Иваненков Дмитрий Игоревич

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород
Аспирант кафедры теплогазоснабжения и вентиляции
E-mail: le.mark@pochta.ru

Логачев Константин Иванович

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород
Доктор технических наук, зав. кафедрой прикладной математики
E-mail: kilogachev@mail.ru

Толмачева Елена Игоревна

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород
Техник кафедры прикладной математики
E-mail: lenka_110290@mail.ru

*O.A. AVERKOVA (Candidate of Engineering Sciences,
Associate Professor of the department Applied Mathematics)*

D.I. IVANENKOV (Postgraduate student, Department of Heat and ventilation)

K.I. LOGACHEV (Doctor of Engineering Sciences,

Head of the Department of Applied Mathematics)

E.I. TOLMACHEVA (Technician of the Department of Applied Mathematics)

Belgorod State Technological University

MODELING OF UNSTEADY FLOW OF AN EDDY IN OPEN AREAS

The method of mathematic modeling of vortex non-stationary flows in open field, containing ventilating hole and open apertures is considered. And medium comes from interior. Simple connected and multiply connected flow fields are also considered. The work is made in support of Council on RF President grants (project code: NSH-588.2012.8).

Keywords: discrete vortices; non-stationary currents; vortical currents; Thompson's condition.

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Logachyov I.N., Logachyov K.I., Nejkov O.D. Lokalizaciya py'levy'delenij pri pressovanii poroshkov // Poroshkovaya metallurgiya, 1995. – № 3, 4. – S. 100-103.
2. Logachyov K.I., Anzheurov N.M. O modelirovanii vozdušny'x techenij vblizi shhelevy'x vsasy'vayushhix otverstij, ogranichen'ny'x tonkimi kozy'r'kami // Izvestiya vy'sshix uchebny'x zavedenij. – Stroitel'stvo, 2003. – № 1. – S. 58-62.
3. Logachyov K.I., Puzanok A.I. Kompleks programm «Spektr» dlya modelirovaniya py'levozdushny'x techenij vblizi shhelevidny'x vsasy'vayushhix otverstij // Izvestiya VUZov. – Stroitel'stvo, 2004. – № 1. – S. 59-64.
4. Logachyov K.I., Puzanok A.I., Posoxin V.N. Raschyot techenij na vxode v otsosy'-rastruby' metodom diskretny'x vixrej // Izvestiya VUZov. – Problemy' e'nergetiki, 2004. – № 7-8. – S. 61-69.
5. Logachyov K.I., Posoxin V.N. Raschyot techeniya vblizi kruglogo vsasy'vayushhego patrubka // Izvestiya VUZov. – Aviacionnaya texnika, 2004. – № 1. – S. 29-32.
6. Logachyov K.I., Puzanok A.I., Posoxin V.N. Raschyot vixrevogo techeniya u shhelevidnogo bokovogo otsosa // Izvestiya VUZov. – Stroitel'stvo, 2004. – № 6. – S. 64-69.
7. Logachyov I.N., Logachyov K.I., Ovsyannikov R.Yu., Ovsyannikov Yu.G. Chislenny'j raschyot vixrevy'x techenij na vxode v shhelevy'e neplotnosti aspiracionny'x ukry'tij // Izvestiya VUZov. – Sev.-Kavk. region. Texn. nauki, 2006. – Pril. № 5. – S. 49-54.
8. Logachyov K.I., Puzanok A.I., Zorya V.Yu. Komp'yuternoe modelirovanie py'legazovy'x potkov v pul'siruyushhix ae'rodinamicheskix polyax // Vy'cheslitel'ny'e metody' i programmirovaniye, 2006. – T. 2. – № 1. – S. 195-201.
9. Averkova O.A., Zorya V.Yu., Logachyov K.I., Ovsyannikov R.Yu. Komp'yuternoe modelirovanie cirkulyacionny'x techenij v zamknutom pomeshhenii na osnove metoda diskretny'x vixrej // Vestnik BGTU im. V.G. Shuxova, 2007. – № 3. – S. 95-102.
10. Averkova O.A., Zorya V.Yu., Logachyov K.I. Osobennosti povedeniya py'levy'x ae'rozolej v aspiracionnom ukry'tii standartnoj konstrukcii // Ximicheskoe i neftegazovoe mashinostroenie, 2007. – № 11. – S. 34-36.
11. Logachyov K.I., Averkova O.A., Zorya V.Yu. Komp'yuternoe modelirovanie rasprostraneniya py'levy'x ae'rozolej v aspiracionnom ukry'tii // Nauchny'e vedomosti BelGU. Seriya «Informatika, prikladnaya matematika, upravlenie», 2007. – № 7(38). – Vy'p. 4. – S. 25-32.
12. Anzheurov N.M., Averkova O.A. Kompleks komp'yuterny'x programm dlya raschyota py'levozdushny'x techenij v sistemax aspiracii // Novy'e ogneupory', 2008. – № 5. – S. 53-58.
13. Averkova O.A., Zorya V.Yu., Logachyov K.I., Logachyov I.N. Chislennoe modelirovanie vozdušny'x techenij na vxode v shhelevy'e neplotnosti aspiracionny'x ukry'tij // Novy'e ogneupory', 2010. – № 5. – S. 31-36.
14. Averkova O.A., Zorya V.Yu., Logachyov K.I. Komp'yuternoe modelirovanie vixrevy'x techenij v aspiracionnom ukry'tii s shhelevy'mi neplotnostyami // Nauchny'e vedomosti BelGU. Seriya «Istoriya. Politologiya. E'konomika. Informatika», 2010. – № 1. – Vy'p. 13/1. – S. 93-100.
15. Lifanov I.K. Metod singulyarny'x integral'ny'x uravnenij i chislenny'j e'ksperiment. – M.: Yanus, 1995. – 520 s.
16. Xoperskov A.V. Formirovanie nastacionarny'x rezhimov pri modelirovanii aspiracionny'x techenij: neustojchivst' Kel'vina-Gel'mgol'cza / A.V. Xoperskov, V.N. Azarov, S.A. Xoperskov, E.A. Korotkov, A.G. Zhurmaliev // Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 1 «Matematika. Fizika», 2011. – № 1. – S. 141-155.

ИССЛЕДОВАНИЯ ФОНЕТИЧЕСКОГО СТРОЯ РЕЧИ ДИКТОРОВ НА ОСНОВЕ КЛАСТЕРНОЙ МОДЕЛИ МИНИМАЛЬНЫХ РЕЧЕВЫХ ЕДИНИЦ

В статье представлен алгоритм обработки речи на основе теоретико-информационного подхода, приведены программа и результаты экспериментальных исследований фонетического строя русского языка с целью определения наиболее содержательных в информационном смысле минимальных речевых единиц.

Ключевые слова: информационная теория восприятия речи; метод фонетического декодирования слов; фонетический строй; информативные минимальные речевые единицы.

ВВЕДЕНИЕ

Создание систем автоматического распознавания речи (АРР) является актуальным направлением в области прикладной информатики. Большинство современных подходов к задаче распознавания речи используют деление (дробление) анализируемого речевого сигнала на составные части. Указанные составные части и являются предметом анализа, т.е. определения характеристик с последующим сравнением их друг с другом по какому-либо критерию.

Перспективной в данной области является информационная теория восприятия речи (ИТВР) [1], основанная на кластерной модели минимальных речевых единиц (МРЕ) и критерии минимума информационного рассогласования (МИР) в метрике Кульбака-Лейблера. Алгоритм распознавания речи на основе теоретико-информационного подхода является альтернативой большинству известных методов АРР на основе скрытых марковских моделей (СММ) речевого сигнала. В рамках данного подхода в работе [2] был разработан метод фонетического декодирования слов (МФДС), реализующий в себе идею поэлементного сравнения анализируемого сигнала с сигналом-эталоном. Данная статья посвящена исследованию фонетического строя русского языка с целью повышения продуктивности МФДС.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Основным элементом ИТВР является понятие фонемы. Под фонемой обычно понимают минимальную единицу звукового (фонетического) строя национального языка. Разным языкам соответствуют разные списки фонем – и по составу, и по количеству. Это базовый уровень описания языка. Он дает обширную информацию обо всех существенных особенностях каждого языка, в частности, его информационно-коммуникативных характеристиках.

В подтверждение можно привести пример: большинство современных речевых баз данных (РБД) сопровождается транскрипцией речевых сигналов, т.е. их описанием через последовательность фонем. С другой стороны, фонетический строй языка предъявляет определенные требования к его носителям, посредством которых этот строй и реализуется в коммуникациях [3].

Каждый человек имеет свой собственный фонетический строй. Это обусловлено особенностью и уникальностью речевого тракта. Сколько носителей – столько и разных реализаций фонетического списка национального языка. В этом проявляется краеугольная проблема вариативности устной речи. Т.е. диктор не может совершенно идентично повторить два раза одну и ту же речевую единицу. Каждая реализация будет отличаться от остальных. Более того, каждая фонема представлена несколькими аллофонами, что также затрудняет процесс распознавания фонем.

Вследствие этих факторов безошибочное распознавание всех МРЕ, из которых состоит та или иная речевая единица, является практически недостижимым результатом. Поэтому встает задача классификации МРЕ русского языка. Для ее решения применяется статистический подход на основе критерия МИР.

ОПИСАНИЕ КРИТЕРИЯ МИР

Предположим, что число фонем языка равно R . Несмотря на существующие различия в реализациях некоторой r -ой фонемы все они воспринимаются человеком как нечто общее, иначе речь утратила бы свою информативность. Можно поэтому утверждать, что одноименные реализации $x_{r,j}$, $j = \overline{1, J_r}$, $J_r \gg 1$ в сознании человека группируются в соответствующие классы или речевые образы фонем $X_r = \{x_{r,j}\}$, $r = \overline{1, R}$ вокруг некоторого центра – эталонной метки данного образа. В информационной теории восприятия речи указанные эталоны определяются в строгом теоретико-информационном смысле: речевая метка $x_r^* \in X_r$ образует информационный центр-эталон r -го речевого образа, если в пределах множества X_r она характеризуется минимальной суммой информационных рассогласований

(ИР) по Кульбаку-Лейблеру $\rho\left(\frac{x}{x_r^*}\right) \geq 0$ относительно всех других его меток-реализаций $x_{r,j}$,

$j = \overline{1, J_r}$. По своей сути это статистический аналог понятия «центр массы» физического тела. Именно в понятии информационного центра (ИЦ) r -го множества реализаций X_r дается наиболее информативное описание свойств соответствующей фонемы. Одновременно становится очевидным и механизм формирования самого этого множества. Анализируемый (входной) речевой сигнал $X(t)$ в дискретном времени $t = 0, 1, \dots$ сначала мысленно разбивается на ряд последовательных сегментов данных $\mathbf{x}(l)$, $l = 1, 2, \dots$ длиной $\tau \approx (10-15)$ мс каждый. После этого каждый полученный парциальный сигнал рассматривается в пределах конечного списка МРЕ $\{X_r\}$ и отождествляется с той X_v из них, которая отвечает принципу минимума ИР

$$\rho\left(\frac{x}{x_r^*}\right) = \min_r \rho\left(\frac{x}{x_r^*}\right) \quad (1)$$

между вектором $\mathbf{x}(l)$ и соответствующим ИЦ-эталонном x_v^* , $v \leq R$. Это известная формулировка критерия МИР в задачах АРР [4].

Одной из наиболее эффективных реализаций критерия МИР служит МОФ. При этом решающая статистика принимает следующий вид:

$$\rho\left(\frac{x}{x_r^*}\right) \triangleq \frac{1}{2} \left[\frac{\sigma_r^2(x)}{\sigma_0^2} - 1 \right], r = \overline{1, R}, \quad (2)$$

где $\sigma_r^2(\mathbf{x})$ – выборочная дисперсия отклика r -го обесцвечивающего фильтра (ОФ), работа которого описывается с использованием авторегрессионной модели (АР-модели) МРЕ общего вида:

$$y_r(l) = x(l) - \sum_{i=1}^p a_{r,i} x(l-i), l = 1, 2, \dots, L, \quad (3)$$

где $a_r = \{a_{r,i}\}$ – вектор авторегрессионных коэффициентов.

Преимуществом приведенной формулировки принципа МИР является адаптивный вариант реализации МОФ, основанный на быстрых вычислительных процедурах, таких, как метод Берга [5].

Как показано в работе [6], не все МРЕ, присутствующие в речевом сигнале, равносодержательны. Обычно малосодержательные фонемы носят служебный характер и неудовлетворительно распознаются. Напротив, информативные (содержательные) фонемы являются надежным материалом для распознавания РЕ, например, слов. В данной статье проведен анализ фонетического строя русского языка с целью определения содержательных фонем.

АЛГОРИТМ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ РЕЧИ

Создание фонетической базы данных (ФБД) происходит по алгоритму (1-3) с учителем. В результате имеем множество МРЕ $X = \{x_{r,j}\}$. Здесь каждая r -ая фонема представлена несколькими реализациями j . Можно представить реализации одной МРЕ как ее кластер. Такая ФБД далее будет называться кластеризованной. Также необходимо выявить в данном кластере ИЦ-эталон. Формулировка в данном случае идентична с формулировкой (1). Т.е. в качестве ИЦ-эталоны выбирается та реализация МРЕ, которая отвечает принципу минимума ИР к остальным ее реализациям. При этом информативными можно считать только те МРЕ, которые распознаются устойчиво. В данном эксперименте был принят порог в 60%, т.е. МРЕ, превысившие данный порог распознавания, с большой долей вероятности являются информативными.

Для проведения эксперимента использовались следующие программно-аппаратные средства: внешний микрофон AKG C 3000 B, ламповый предусилитель Tube MP PS USB, ПК на базе процессора Intel Core 2 Quad, ОС Windows XP SP2.

В память ПК были записаны звуковые файлы в формате *.wav двух дикторов (Диктор1, Диктор2). Каждый файл – запись одного звука. Список звуков следующий: [а в в' ж ж' з з' и л л' м м' н н' о р р' с с' у ф ф' х х' ч ш щ ы э]. Всего 29 звуков, из которых 6 гласных. Не были записаны взрывные согласные звуки: [б б' д д' г г' п п' т т' к к'], а также звук [й]. Они являются неустойчивыми, кратковременными и не могут распознаваться с удовлетворительным значением вероятности.

По всем записанным звукам для каждого диктора были сформированы ФБД по алгоритму (1-3) с учителем. Программной реализацией алгоритма служила информационная система фонетического анализа речи (ИС ФАР)[7]. Следующие значения параметров ИС ФАР были установлены: порядок АР-модели – 20; порог по сегментации – 1; порог по ВИР одноименного диктора – 1; порог по длине МРЕ – 1. В результате для Диктора1 было выделено 120 МРЕ, а для Диктора2 – 137. Каждая МРЕ из списка, представленного выше, была сформирована в ФБД в виде нескольких реализаций. Для дикторов были построены матрицы ВИР с целью определить ИР между одноименными МРЕ. Фрагменты данных матриц приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – «Диктор1 - Диктор2»

	A1	A2	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7
A1	1.4206	0.38678	8.2396	3.5781	2.1563	1.9651	1.6102	15.962	4.7996
A2	9.0593	1.5844	134.97	54.192	13.739	10.67	5.1299	307.11	29.568
B1	3.1225	1.5218	4.2551	1.4811	3.5765	6.4775	2.607	2.0851	1.6637
B2	1.3038	1.3668	1.1306	0.74133	1.2413	3.1763	3.7294	1.1111	2.2497
B3	2.079	1.5198	2.0379	1.2319	1.5127	1.5129	1.8649	1.9629	2.6805
B4	2.5296	2.8561	2.5698	1.8809	2.0977	2.3064	0.83419	1.4351	3.8633
B'1	28.516	21.178	10.739	7.6051	25.439	51.575	24.043	6.1033	3.2168
B'2	23.408	30.348	7.4648	9.006	18.448	74.587	59.017	7.5744	2.9722

Таблица 2 – «Диктор2 - Диктор1»

	A1	A2	B1	B2	B3	B4	B'1	B'2	Ж1
A1	0.93726	5.2727	2.0696	5.2495	8.9131	17.396	5.9953	4.677	3.9316
A2	0.57365	1.6717	5.3333	16.018	7.5603	13.034	6.3528	10.189	3.2178
B1	2.0142	7.1605	1.1139	2.3883	2.2007	3.3148	5.2368	4.4703	7.5131
B2	1.505	9.943	0.79193	2.2256	0.87606	1.6672	3.323	2.8458	4.4522
B3	2.5454	35.476	2.7749	4.2143	2.9386	0.98517	6.7668	8.0381	7.4573
B4	3.485	43.545	3.5657	9.7822	1.3403	1.5106	8.8585	7.2633	9.571
B5	1.8533	25.456	2.2912	5.306	2.1043	0.64937	6.1445	6.6444	4.4598
B6	2.9249	13.468	1.1069	2.3464	1.6259	0.79671	3.4354	3.932	3.8102

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

При анализе данных матриц ВИР были сделаны следующие выводы: реализации МРЕ «А2» Диктора1 и «А1» Диктора2 находятся довольно близко друг к другу (в пределах 0.6 в метрике Кульбака-Лейблера). Также разные реализации МРЕ «в» обоих дикторов коррелируют (близки в информационном смысле) друг с другом (порог в пределах 1 в метрике Кульбака-Лейблера). Небольшое рассогласование (в пределах единицы) имеют реализации следующих МРЕ: [в' ж ж' з з' л л' м м' н н' о р р' с' у ф ф' х х' ч ш щ э]. Можно заметить, что большинство из записанных звуков присутствуют в данном списке, при этом гласных фонем присутствует три из шести. Но при этом возникает проблема, когда разные МРЕ коррелируют друг с другом, что дает возможность при распознавании их перепутать. Для решения проблемы перепутывания были проанализированы матрицы ВИР, включающие в себя только ИЦ-эталон МРЕ. Фрагменты данных матриц представлены в таблицах 3 и 4.

Таблица 3 – ИЦ-эталон «Диктор1 - Диктор2»

	А	В	В'	Ж	Ж'	З	З'	И	Л
А	0.38678	1.6102	6.3868	16.378	36.756	2.7502	2.8523	40.167	18.596
В	1.5218	2.607	1.9191	14.702	13.879	0.85145	0.6538	11.666	15.165
В'	21.178	24.043	0.66988	4.7255	6.4971	1.9756	0.39142	6.1499	41.219
Ж	18.609	21.517	3.9326	2.6325	6.0167	2.0445	1.2444	8.7739	46.02
Ж'	81.126	93.89	2.8047	1.428	1.7011	10.824	2.8196	1.7535	110.02
З	11.649	16.6	2.6808	4.6191	4.0771	1.8187	0.43606	6.1498	95.811
З'	20.168	32.184	2.774	2.7741	4.275	2.0293	0.51933	3.3841	104.64
И	57.789	79.884	7.4067	2.5251	1.9611	6.0136	2.6039	2.4952	145.41

Таблица 4 – ИЦ-эталон «Диктор2 - Диктор1»

	А	В	В'	Ж	Ж'	З	З'	И	Л
А	0.57365	5.3333	6.3528	3.2178	10.118	17.269	4.6129	13.474	66.704
В	1.8533	2.2912	6.1445	4.4598	23.932	14.657	12.469	19.609	10.474
В'	31.54	2.7728	0.64368	1.7805	4.7165	4.6399	1.4158	3.8127	10.795
Ж	146.39	16.227	7.8704	2.3802	1.8447	3.3086	3.2352	4.2524	165.86
Ж'	239.93	24.032	6.3539	9.4784	1.2936	8.7229	3.3416	6.886	190.27
З	8.8948	0.825	1.5845	1.4516	9.2667	1.8045	2.022	9.189	10.856
З'	13.443	1.2477	1.1672	0.96383	3.7522	0.91512	1.1544	5.708	40.159
И	89.027	8.5205	2.7481	4.8056	2.1481	6.0997	1.2599	2.2048	62.939

Из приведенных фрагментов матриц ВИР можно сделать вывод о том, что МРЕ [а в' з'] коррелируют между собой. С другой стороны, видно, что фонема «з'» Диктора1 коррелирует с несколькими фонемами Диктора2: [в' з з']. Необходимо определить, какие МРЕ будут опознаны верно, а какие опознаются с ошибкой. Так, при подаче ИЦ-эталон фонем Диктора1 на обеляющие фильтры Диктора2 правильно опознаваться будут следующие фонемы: [а в' ж' о р р' у х ч ш э]. Если же подаются сигналы Диктора2 на фильтры Диктора1, то список опознаваемых фонем будет: [а ж' з' и ф х ч ш э].

Проанализировав матрицы, полученные по всем МРЕ, можно указать наиболее перепутываемые МРЕ, это: [з з' м м' н н' с' ф ф' х']. Как видно в данный список не попал ни один гласный звук. Это дает нам право предположить, что именно гласные звуки могут являться основными элементами для систем распознавания речи. Для подтверждения этого высказывания был проведен еще один эксперимент. С помощью вышеописанных программно-аппаратных средств Диктором1 было записано от 10 до 15 реализаций каждого из 29 звуков. Далее все они были обработаны в ИС ФАР, т.е. подавались на вход для разных ФБД дикторов. Использовались кластеризованные ФБД Дикторов 1 и 2 и ФБД ИЦ. Результаты сведены в таблице 5.

Таблица 5 – Оценки распознавания МРЕ

Фонема	класт. Д1, %	класт. Д2, %	среднее, по класт, %	ИЦ-эталон Д1, %	ИЦ-эталон Д2, %	сред. по ИЦ, %	ср. общее, %
А	70	60	65	100	80	90	75
В	70	20	45	80	10	45	45
В'	100	60	80	50	90	70	75
Ж	50	35,7	42	35,7	35,7	35,7	40
Ж'	100	100	100	80	100	90	95
З	40	40	40	70	40	55	45
З'	60	40	50	50	70	60	55
И	100	38,4	65	100	61,5	80	75
Л	90	30	60	60	10	35	45
Л'	30	40	35	30	40	35	35
М	0	10	5	90	0	45	25
М'	42,6	16,6	30	100	58,3	80	55
Н	0	0	0	35	0	17	10
Н'	8	0	4	100	16,6	58	30
О	100	90	95	100	50	75	85
Р	16,5	8,3	12	75	0	37	25
Р'	0	7,6	3,5	61,5	15,3	35	17
С	0	0	0	80	0	40	20
С'	41,5	0	20	75	0	37	30
У	63,6	90,9	75	100	9	55	65
Ф	0	0	0	58,3	0	28	15
Ф'	100	0	50	93,7	0	47	50
Х	35,7	35,7	35	35,7	71,4	53	45
Х'	20	28,5	24	0	20	10	17
Ч	28,5	100	64	92,8	85,7	85	75
Ш	100	100	100	60	100	80	90
Щ	25	58,3	40	16,7	50	30	35
Ы	50	0	25	0	10	5	15
Э	40	50	45	100	60	80	62

В первом столбце указан список фонем подававшихся на вход ИС ФАР. Далее в столбцах приведены оценки распознавания данных фонем в соответствии с используемой ФБД, в процентах. Во втором столбце – кластеризованной ФБД Диктора1, в третьем – кластеризованной ФБД Диктора2, в четвертом – по кластеризованным ФБД обоих дикторов, в пятом – ИЦ-эталон Диктора1, в шестом – ИЦ-эталон Диктора2, в седьмом – среднее значение по ФБД ИЦ-эталон дикторов и в последнем – среднее общее значение по всем ФБД.

В данной таблице наглядно показано, какие МРЕ распознаются с достаточной долей вероятности и вне зависимости от принципа построения ФБД. Так, при использовании ФБД кластеризованных МРЕ надежно распознаваемыми (информативными) можно назвать: [а в' ж' и л о у ч ш]. Если же используются ФБД ИЦ-эталон, то список будет выглядеть следующим образом: [а в' ж' з' и м' о у ч ш э]. Заметим, что при использовании ФБД ИЦ-эталон информативных МРЕ выделяется больше (11 МРЕ) нежели при использовании ФБД кластеризованных (9 МРЕ). Отсюда делаем вывод, что предпочтительнее использование ФБД ИЦ-эталон. В обоих случаях большинство гласных МРЕ было отнесено к информативным, что дает право утверждать, что они являются надежным материалом для распознавания РЕ, таких, как слова.

При подсчете оценки распознавания в среднем по всем ФБД дикторов список информативных МРЕ выглядит так: [а в' ж' з' и м' о у ч ш э]. Как видно, список информативных МРЕ состоит из одиннадцати фонем, при этом весь список включает в себя 29 фонем. Напротив, неинформативными по результатам данного исследования могут считаться фонемы: [м н н' р' с с' ф х' ы]. Этот список согласуется со списком, приведенным выше, который был получен в результате первой части эксперимента. Для подтверждения полученных результатов на рисунке 1, представлены графики спектральных плотностей мощности двух информативных и двух неинформативных фонем, по 10 реализаций полученных от двух дикторов.

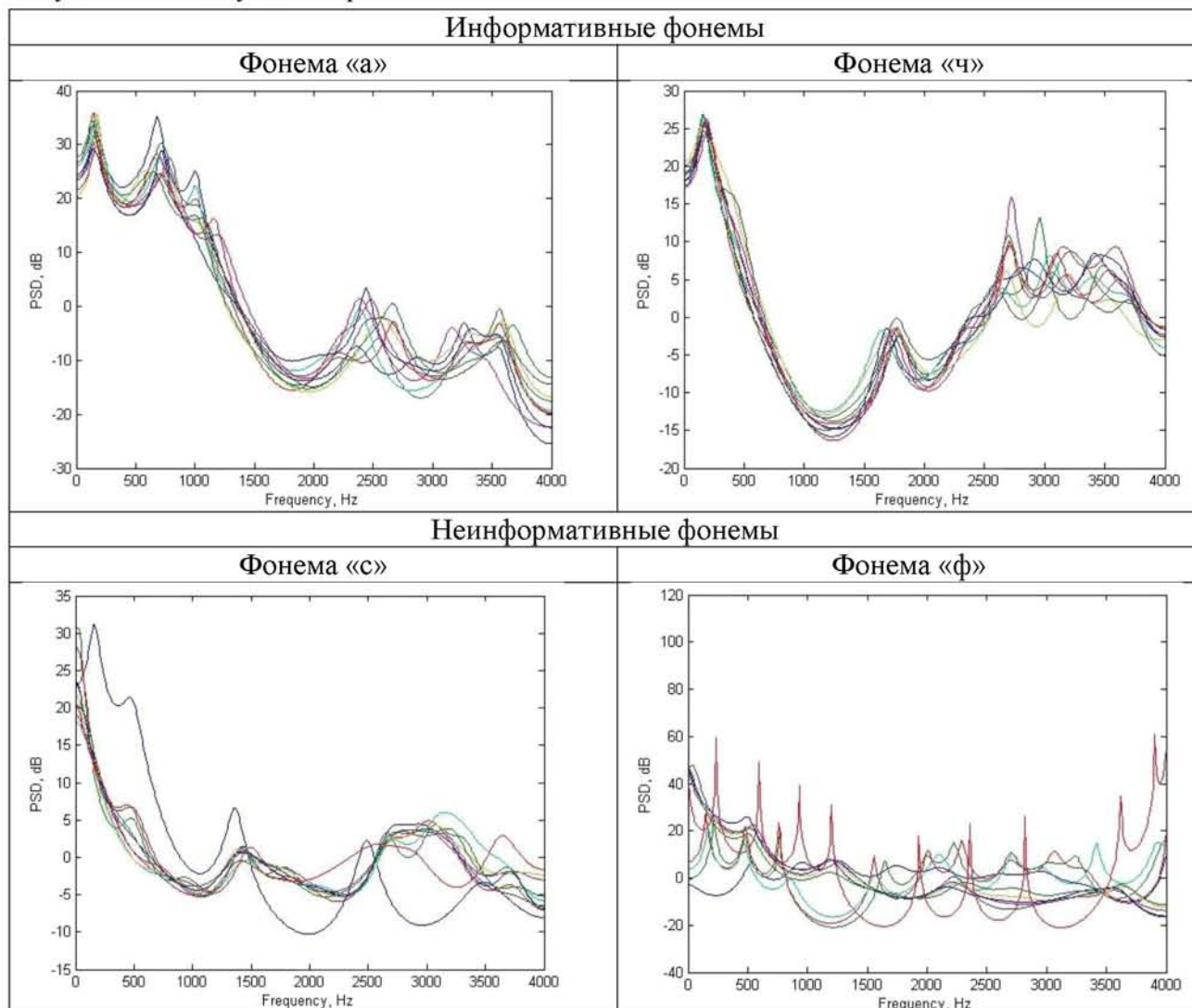


Рисунок 1 – СПМ реализаций МРЕ

Из этих рисунков видно, что информативные фонемы имеют схожие, устойчивые по всем реализациям СПМ. Напротив, у неинформативных фонем графики СПМ сильно разнятся по характеристикам своих реализаций. Именно это и является главным фактором их неустойчивого распознавания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной статье приведены результаты экспериментальных исследований фонетического строя русского языка. МРЕ типа фонем являются неделимыми элементами речи. Слова, предложения, тексты – определенным образом структурированные последовательности МРЕ. Именно поэтому в представленной статье поставлена и решена задача классификации МРЕ по критерию их информативности. С помощью ИС ФАР были проанализированы фонемы двух русскоговорящих дикторов, построены матрицы ВИР по каждому диктору и их парам. В результате получены оценки вероятностей их распознавания. По этим оценкам МРЕ разделены на две группы – информативных и неинформативных.

Информативные МРЕ устойчиво распознаются вне зависимости от диктора и особенностей построения ФБД. Это дает право утверждать, что информативные МРЕ являются надежным материалом для распознавания изолированных слов. Подтверждением является выявленная зависимость вероятности распознавания МРЕ от свойств их СПМ. Так, СПМ информативных фонем схожи по форме, а СПМ неинформативных фонем – различны.

Идея разделения множества фонем на существенные и несущественные, или фонемы «для служебного пользования», впервые была сформулирована в работе [2] в расчете на возможность существенной редукции ФБД в задачах АРР. Материалы настоящей статьи можно рассматривать как экспериментальное подтверждение продуктивности данной идеи применительно к фонетическому строю русского языка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Савченко В.В. Автоматическое распознавание речи на основе кластерной модели минимальных речевых единиц в метрике Кульбака-Лейблера // Известия ВУЗов России. – Радиоэлектроника, 2011. – Вып. 3. – С. 9-19.
2. Савченко В.В. Метод фонетического декодирования слов в задаче автоматического распознавания речи // Известия ВУЗов России. – Радиоэлектроника, 2009. – Вып. 5. – С. 41-49.
3. Савченко В.В. Фонема как элемент информационной теории восприятия речи // Известия ВУЗов России. – Радиоэлектроника, 2008. – Вып. 4. – С. 3-11.
4. Савченко В.В. Автоматическое распознавание речи на основе кластерной модели минимальных речевых единиц в информационной метрике Кульбака-Лейблера // Известия ВУЗов России. – Радиоэлектроника (принята к печати).
5. Марпл С.Л.-мл. Цифровой спектральный анализ и его приложения. – М.: Мир, 1990. – 584 с.
6. Свид-во о гос. рег. программы для ЭВМ № 2008615442. Информационная система фонетического анализа слитной речи / В.В. Савченко, Д.Ю. Акатьев, И.В. Губочкин и др. / Зарегистр. от 15.09.2008 г.

Граевский Кирилл Александрович

Нижегородский государственный лингвистический университет им. Н.А. Добролюбова,

г. Нижний Новгород

Аспирант

E-mail: graevskiy@gmail.com

K.A. GRAEVSKIY (*Postgraduate student*)
State Linguistic University, Nizhny Novgorod

STUDIES OF THE PHONETIC SYSTEM OF THE SPEECH OF THE ANNOUNCERS ON THE BASIS OF CLUSTER MODEL OF THE MINIMUM SPEECH UNITS

There is the algorithm of speech processing in according to information theory of speech perception in the article are given. The program and the results of experimental study of phonetic structure of Russian language are represented.

Keywords: *information theory of speech perception; method of phonetic word decoding; phonetic structure; informative minimum speech units.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Savchenko V.V. Avtomaticheskoe raspoznavanie rechi na osnove klasternoj modeli minimal'ny'x rechevy'x edinic v metrike Kul'baka-Lejblera // Izvestiya VUZov Rossii. – Radioe'lektronika, 2011. – Vy'p. 3. – S. 9-19.
2. Savchenko V.V. Metod foneticheskogo dekodirovaniya slov v zadache avtomaticheskogo raspoznavaniya rechi // Izvestiya VUZov Rossii. – Radioe'lektronika, 2009. – Vy'p. 5. – S. 41-49.
3. Savchenko V.V. Fonema kak e'lement informacionno'j teorii vospriyatiya rechi // Izvestiya VUZov Rossii. – Radioe'lektronika, 2008. – Vy'p. 4. – S. 3-11.
4. Savchenko V.V. Avtomaticheskoe raspoznavanie rechi na osnove klasternoj modeli minimal'ny'x rechevy'x edinic v informacionnoj metrike Kul'baka-Lejblera // Izvestiya VUZov Rossii. – Radioe'lektronika (prinyata k pečati).
5. Marpl S.L.-ml. Cifrovoj spektral'ny'j analiz i ego prilozheniya. – M.: Mir, 1990. – 584 s.
6. Svid-vo o gos. reg. programmy' dlya E'VM № 2008615442. Informacionnaya sistema foneticheskogo analiza slitnoj rechi / V.V. Savchenko, D.Yu. Akat'ev, I.V. Gubochkin i dr. / Zaregistr. ot 15.09.2008 g.

Е.А. МУСИХИНА, Л.Ю. ДМИТРИЕВА, В.В. ВЕРХОТУРОВ

**ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА**

Статья посвящена анализу современных информационных технологий, позволяющих ограничить возможность административного или ведомственного влияния на результат расчетов. Предложен расчет риска эколого-экономического ущерба на основе пространственно-временной методики, которая позволяет повысить достоверность оценки на 5-10% и визуально представить зоны антропогенного воздействия.

Ключевые слова: информационные технологии; эколого-экономический ущерб; методика расчета.

ВВЕДЕНИЕ

Изучение проблемы оценки состояния окружающей среды в комплексе с применением информационных технологий весьма перспективно, в том числе, при анализе воздействия токсикантов как химических факторов риска. Научно-технический прогресс привел не только к появлению новых эффективных технологий, но и к увеличению техногенного давления на природу, а также к расходованию до опасной черты невозобновляемых природных ресурсов. Одной из важнейших социально-экономических задач является исследование природной среды, мониторинг ее состояний с целью прогнозирования возможных рисков эколого-экономического ущерба как в естественных условиях, так и под воздействием антропогенных факторов. Отрицательные техно- и антропогенные воздействия на окружающую среду и человека весьма разнообразны. Имеются различные попытки оценить количественно эти воздействия и свести их воедино для интегральной количественной оценки [1-3]. При этом могут быть предложены экономические, балльные, квалитетические, взвешенные оценки и т.д. Экомониторинг в настоящее время – неотъемлемая составляющая системы управления экологической безопасностью промышленно-транспортного комплекса, обеспечивающая получение полной адекватной информации, необходимой для реализации эффективных управляющих решений [2]. Следуя стратегии устойчивого, экологически приемлемого экономического развития цивилизации, необходимо произвести достоверную комплексную экологическую оценку антропогенного воздействия на природную среду регионов, что потребует построения работоспособной и в то же время универсальной модели прогнозирования изменений природной среды, прежде всего, почвенного покрова как наиболее статичного элемента природной системы. Вместе с тем, необходимо адаптировать методологию оценки факторов риска к потребностям практики. Несмотря на интенсивные научные исследования в данной области [1-4], отсутствуют методические рекомендации по получению экспертных оценок экологического риска загрязнения окружающей среды, позволяющие ограничить возможность административного или ведомственного влияния на результат расчетов.

Цель статьи – предложить расчет риска эколого-экономического ущерба на основе пространственно-временной методики, позволяющей ограничить возможность административного или ведомственного влияния на результат расчетов и визуализировать зоны антропогенного воздействия.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для расчета эколого-экономического риска ущерба от воздействия на почвенный покров региона использовались «Ежегодники загрязнения почв Иркутской области токсикантами промышленного происхождения» за 1993-2005 годы [5].

Основываясь на пространственно-временном моделировании динамики загрязнения почвенного покрова территории Иркутской области токсикантами промышленного происхождения и используя синергетический подход к моделированию природных систем,

имеющих много степеней свободы, получаем возможность создать адекватную, работоспособную модель для изучения и прогнозирования состояния почвенного покрова региона как в естественном виде, так и в условиях антропогенной нагрузки. В качестве основы данной модели взята структурно-иерархическая пространственно-временная модель воздействия горных работ (на примере Бодайбинской золотоносной провинции), учитывающая влияние от объекта локального уровня (дражного полигона) до золотоносной провинции в целом [4].

Используя следующее программное обеспечение:

- система объектно-ориентированного программирования Delphi, позволяющая быстро и удобно разрабатывать эффективные приложения, включая приложения для работы с базами данных;
- система Microsoft Help Workshop для создания справочной информации;
- технология ADO (ActiveX Data Objects - объекты данных ActiveX), которая осуществляет доступ к информации с помощью OLE DB (Object Linking and Embedding Data Base - связывание и внедрение объектов баз данных), данными для ADO использовались таблицы MS ACCESS;
- карты информационной системы Google, применение которых разрешено в некоммерческих целях, получим возможность автоматизировать комплексную экологическую оценку почвенного покрова.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Суть предлагаемой ниже пространственно-временной модели оценки ущерба рассмотрена на примере комплексной оценки почвенного покрова территории Иркутской области. Учитывая иерархическую структурированность природной среды и адекватную ей структурированность времени, соответствующую различным уровням природной системы, время рассматривается как показатель дисконтирования затрат на восстановление природной среды. Еще В.И. Вернадский одним из первых среди современников указывал на неразрывную связь времени и пространства [6]. Течение времени изменяет состояние пространства, влияя на его симметрию, что, в свою очередь, позволяет учитывать не только количественную, но и качественную характеристику природных систем. Известно, что последствия проявления опасности всегда приносят ущерб, который может быть экономическим, социальным, экологическим и т.д. Следовательно, оценка риска должна быть связана с оценкой ущерба, ведь чем больше ожидаемый ущерб, тем значительнее риск.

Для комплексной оценки состояния почв территории Иркутской области предлагается применить общую формулу

$$Y = \frac{C_{нар} \cdot S_{нар}}{100 \cdot S_{общ}^n} \cdot K_{св} \cdot T_{\max} \left(\frac{1}{Ck} \right)^{n-1}, \quad (1)$$

где Ck – масштабный коэффициент подобию;

$T_{\max}$ – время жизни компонента природной среды;

n – количество уровней системы, для которых производится расчет;

$K_{св}$ – коэффициент связи компонентов природной среды;

$C_{нар}$ – степень нарушенности земель;

$S_{нар}$ – площадь загрязненных токсикантами земель;

$S_{общ}$ – это площадь территории Иркутской области.

Левая часть формулы представляет собой пространственные отношения, правая характеризует временную компоненту.

Для комплексной оценки состояния почв территории Иркутской области предлагается преобразовать общую формулу путем ввода уровня предельно-допустимой концентрации (ПДК) вместо степени нарушенности земель, определив следующие показатели:

Ck – 2,95 (согласно расчетам);

$T_{\max}$ – время жизни компонента, принимаемое за 100 лет (время формирования 1 см плодородного слоя);

n – количество уровней системы, для которых производится расчет, в данном случае от 1 до 3;

$K_{св}$ принимаем равным 3 (почвы, вода и воздух).

Формула для расчета ущерба, наносимого почвам примет следующий вид:

$$Y = \frac{ПДК_n \cdot S_{нар}}{S_{общ}} \cdot K_{св} \cdot T_{\max} \left(\frac{1}{Ck} \right)^{n-1}, \quad (2)$$

Подставляя данные по площадям, можно определить время, необходимое для восстановления почвенного покрова исследуемых территорий.

Для достоверной оценки и визуального представления границ антропогенного воздействия рассматриваемые промышленные центры подразделены на следующие группы:

I группа: города Ангарск, Иркутск, Меги, Шелехов;

II группа: города Усолье-Сибирское, Свирск, Черемхово;

III группа: города Тайшет, Бирюсинск;

IV группа: города Байкальск, Култук, Слюдянка, Листвянка;

V группа: города Саянск, Зима;

VI группа: города Вихоревка, Братск;

VII группа: город Усть-Илимск.

Группировка населенных пунктов осуществлялась, исходя из расстояния между ними не более 50 км, это позволило в дальнейшем визуальное представить границы антропогенного воздействия на почвенный покров по пространственно-временной методике.

Для прогнозирования изменений окружающей среды рассматривается три уровня природных и техногенных загрязнений на окружающую среду (рис. 1):

I уровень, R_1 – радиус рассматриваемого населенного пункта;

II уровень, $R_2 = R_1 + 5$ км;

III уровень, $R_3 = R_2 + 5$ км.

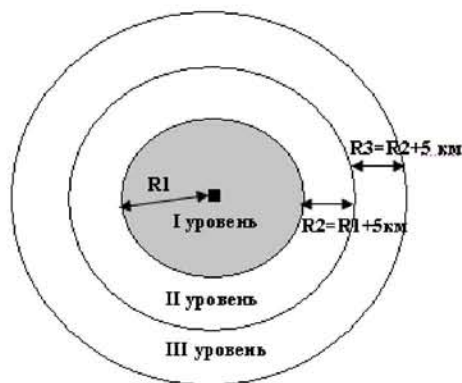


Рисунок 1 – Модель прогнозирования антропогенного воздействия на почвенный покров (распространяющегося от центра локального объекта)

Каждый последующий уровень, начиная со II-го, увеличивается на 5 км, исходя из данных по обследованию почв, так как большинство случаев превышения ПДК отмечены в двух и более км на прилегающей к городам территории, где в качестве реперной точки принят центр города.

Значительное количество данных, трудоемкость расчетов, ведомственные интересы и т.д. предполагают разработку программных средств. Для облегчения работы и визуального представления риска эколого-экономического ущерба, наносимого природной системе антропогенным воздействием, разработано программное средство (ПО) «Расчет интерференции плотности антропогенного воздействия на почвенный покров Иркутской области» (рис. 2).

Интерференция плотности антропогенного воздействия на почвенный покров Иркутской области

Файл Данные Справочник городов Карты

Город: _____

Постоянные величины:

Коэффициент связи - Коэф: OK(Расчет 33У)

Время жизни компонента (года) - Тмах: Редактирование

Масштабный коэффициент подобия - СК: Стандарт

Индекс уровня - n: -

Эколого-экономический ущерб

№	Город	Площадь
4	Визюровка	15
5	Зима	39
6	Иркутск	306
7	Култук	20
8	Листвянка	1
9	Мегет	12
10	Саянск	24
11	Свирск	22
12	Слюдянка	10
13	Тайшет	79
14	Усолье-Сибирское	74
15	Усть-Илимск	227
16	Черемхово	114
17	Шелехов	31
18	Ольхон	254

№	Город	Год	Токсикант	ПДК1	Площадь города	Ущерб 1 уровня
36	Иркутск	2007	Mo	8	306	24
37	Иркутск	2007	Zn	5	306	15
38	Иркутск	2007	Cu	2	306	6
39	Иркутск	2007	V	2	306	6
40	Иркутск	2007	Hg	0.9	306	2
41	Иркутск	2007	Pb	3.5	306	10
42	Иркутск	2007	Sn	10	306	30
43	Иркутск	2007	Mn	2	306	6
44	Иркутск	2007	Ni	2	306	6

Рисунок 2 – Программное средство «Расчет интерференции плотности антропогенного воздействия на почвенный покров Иркутской области»

Для осуществления автоматического расчета и визуализации негативных природных и техногенных воздействий на состояние почвенного покрова ПО решает следующие задачи:

- систематизация данных для расчета риска эколого-экономического ущерба (рис. 3);

Эколого-экономический ущерб

№	Город	Площадь	№	Город	Год	Токсикант	ПДК1	Площадь города	Ущерб 1 уровня	ПДК2	Площадь
4	Визюровка	15	36	Иркутск	2007	Mo	8	306	2400	0	
5	Зима	39	37	Иркутск	2007	Zn	5	306	1500	0	
6	Иркутск	306	38	Иркутск	2007	Cu	2	306	600	0	
7	Култук	20	39	Иркутск	2007	V	2	306	600	0	
8	Листвянка	1	40	Иркутск	2007	Hg	0.9	306	270	0	
9	Мегет	12	41	Иркутск	2007	Pb	3.5	306	1050	0	
10	Саянск	24	42	Иркутск	2007	Sn	10	306	3000	0	
11	Свирск	22	43	Иркутск	2007	Mn	2	306	600	0	
12	Слюдянка	10	44	Иркутск	2007	Ni	2	306	600	0	
13	Тайшет	79									
14	Усолье-Сибирское	74									
15	Усть-Илимск	227									
16	Черемхово	114									
17	Шелехов	31									
18	Ольхон	254									

Рисунок 3 – Расчет эколого-экономического ущерба

- организация визуального представления границ антропогенного воздействия на почвенный покров по пространственно-временной методике (рис. 4);
- выявление областей наложения воздействия от различного типа токсикантов;
- выполнение расчета площадей зон наложения (рис. 5);
- организация процесса сохранения результатов расчета и экспорта данных в пакет Microsoft Office (в частности в MS Excel) (рис. 6);
- создание справочной системы, содержащей исчерпывающую информацию о программе и о том, как с ней работать, а также методику расчета риска эколого-экономического ущерба;
- организация возможности работы с материалом, содержащим теоретические основы технологии комплексной оценки экологической емкости территории;
- кроме того, программное средство содержит возможность адаптации на любую другую область воздействия [7, 8].

Разработка и внедрение программы позволили значительно упростить и ускорить процессы обработки и анализа данных, повысить достоверность математических расчетов и избежать возможного влияния чьих-либо интересов на принятие решений.

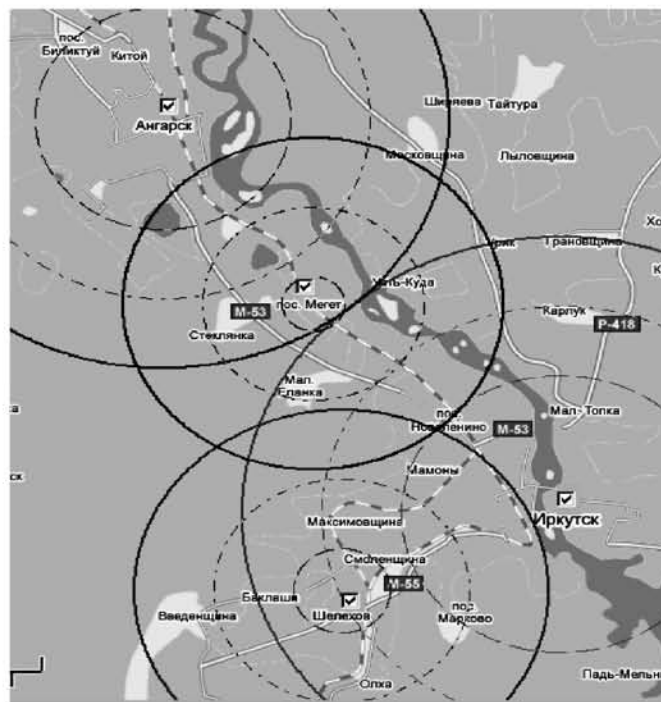


Рисунок 4 – Визуальное представление антропогенного воздействия на почвенный покров (г. Иркутск, г. Ангарск, г. Шелехов и п. Меget)

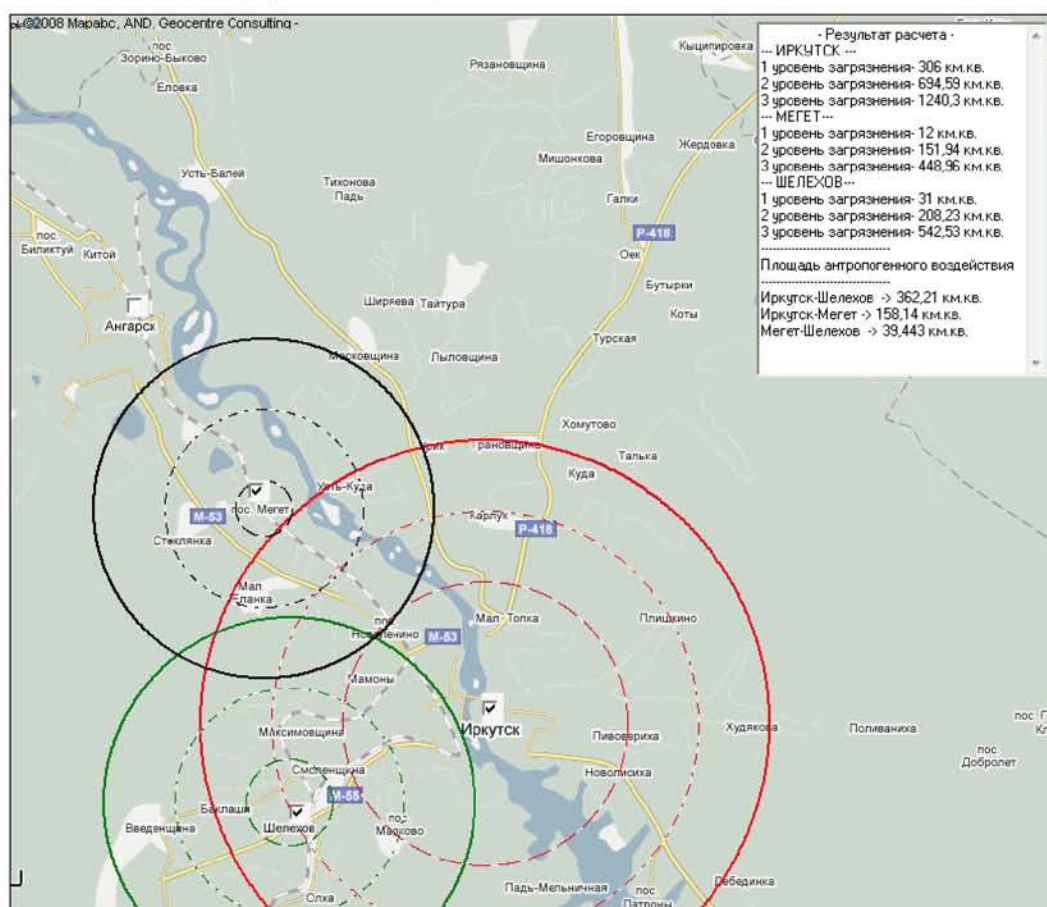


Рисунок 5 – Площадь зон наложения по I группе городов

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Экономический ущерб города <<Иркутск>>							
2								
3	ПЛОЩАДЬ (км.кв.)			ПОСТОЯННЫЕ ВЕЛИЧИНЫ				
4	1 уровня		306	Коэффициент связи - Ксв		1		
5				Время жизни компонента (года) - Тмах		100		
6				Масштабный коэффициент подобию - Ск		2,95		
7								
8	№	Год	Токсикант	ПДК1	Ущерб 1 уровня			
9	1	2004	Mo	8	2400			
10	2	2004	Zn	5	1500			
11	3	2004	Cu	2	600			
12	4	2004	V	2	600			
13	5	2004	Hg	0,9	270			
14	6	2004	Pb	3,5	1050			
15	7	2004	Sn	10	3000			
16	8	2004	Mn	2	600			
17	9	2004	Ni	2	600			
18								

Рисунок 6 – Эколого-экономический ущерб (г. Иркутск)

ВЫВОДЫ

В результате проведенных исследований были реализованы современные информационные технологии, позволяющие ограничить возможность административного или ведомственного влияния на результат расчетов. Автоматически произведенный расчет риска эколого-экономического ущерба на основе пространственно-временной методики позволяет повысить достоверность оценки на 5-10% и визуально представить зоны антропогенного воздействия. Внедрение пространственно-временной модели комплексной оценки и реализованного на ее основе ПО применяется в ГУ МЧС России по Иркутской области при прогнозировании рисков от антропогенного воздействия на почвенный покров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурман В.М., Кропотов Ю.А. Автоматизированная распределенная система экологического мониторинга окружающей среды модульного типа // Информационные системы и технологии, 2008. – № 1-2. – С. 53-57.
2. Иващук О.А., Чудный Ю.П. Построение системы экомониторинга при организации автоматизированного управления экологической безопасностью промышленно-транспортного комплекса // Информационные системы и технологии, 2009. – № 2. – С. 61-67.
3. Кропотов Ю.А., Суворова Г.П. Марковские модели в автоматизированной системе мониторинга и прогнозирования экологического состояния промышленной зоны // Информационные системы и технологии, 2008. – № 1-3. – С. 113-118.
4. Мусихина Е.А. Методологический аспект технологии комплексной оценки экологической емкости территорий. – М.: Издательство «Академия Естествознания», 2009. – 137 с.
5. Ежегодники загрязнения почв Иркутской области токсикантами промышленного происхождения в 1993-2005 гг.
6. Вернадский В.И. Биосфера и ноосфера. – М.: Наука, 1989. – 258 с.
7. Расчет интерференции плотности антропогенного воздействия на почвенный покров Иркутской области // Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2009616716. – РОСПАТЕНТ, 2009.
8. Гофман В.Э., Хомоненко А.Д. Delphi 6. – СПб.: БХВ-Петербург, 2001. – 1152 с.

Мусихина Елена Алексеевна

ФГБОУ ВПО «Иркутский государственный технический университет», г. Иркутск

Кандидат технических наук, доцент кафедры химии и пищевой технологии

E-mail: elena.science@yandex.ru

Дмитриева Лариса Юрьевна

ФГОУ СПО «Сибирский межрегиональный колледж строительства и предпринимательства»,

г. Иркутск

Кандидат технических наук, заведующая отделением

Верхотуров Василий Владимирович

ФГБОУ ВПО «Иркутский государственный технический университет», г. Иркутск
Доктор биологических наук, профессор кафедры химии и пищевой технологии
Тел.: 8 (3952) 40-51-22
E-mail: vervv@mail.ru

E.A. MUSIKHINA (*Candidate of Engineering Sciences,
Associate Professor of the department of Chemistry and Food Technology*)
Irkutsk State Technical University

L.Yu. DMITRIEVA (*Candidate of Engineering Sciences, Head of the Department*)
Siberian Interregional College building and entrepreneurship

V.V. VERKHOTUROV (*Doctor of Biological Sciences,
Professor of the department of Chemistry and Food Technology*)
Irkutsk State Technical University

APPLICATION OF INFORMATION TECHNOLOGIES FOR THE ECOLOGICAL ASSESSMENT OF THE SOIL COVER

Article is devoted to the analysis modern the information technologies, allowing to limit possibility of administrative or departmental influence on result of calculations. Calculation of risk of an ekologo-economic damage on the basis of an existential technique which allows to increase reliability of an assessment for 5-10 % is offered and visually to present zones of anthropogenous influence.

Keywords: *information technologies; ecological-economic damage; design procedure.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Burman V.M., Kropotov Yu.A. Avtomatizirovannaya raspredelyonnaya sistema e'kologicheskogo monitoringa okruzhayushhej sredy' model'nogo tipa // Informacionny'e sistemy' i texnologii, 2008. – № 1-2. – S. 53-57.
2. Ivashhuk O.A., Chudny'j Yu.P. Postroenie sistemy' e'komonitoringa pri organizacii avtomatizirovannogo upravleniya e'kologicheskoy bezopasnost'yu promy'shlenno-transportnogo kompleksa // Informacionny'e sistemy' i texnologii, 2009. – № 2. – S. 61-67.
3. Kropotov Yu.A., Suvorova G.P. Markovskie modeli v avtomatizirovannoj sisteme monitoringa i prognozirovaniya e'kologicheskogo sostoyaniya promy'shlennoj zony' // Informacionny'e sistemy' i texnologii, 2008. – № 1-3. – C. 113-118.
4. Musixina E.A. Metodologicheskij aspekt texnologii kompleksnoj ocenki e'kologicheskoy yomkosti territorij. – M.: Izdatel'stvo «Akademiya Estestvoznaniya», 2009. – 137 s.
5. Ezhegodniki zagryazneniya pochv Irkutskoj oblasti toksikantami promy'shленного proizxozhdeniya v 1993-2005 gg.
6. Vernadskij V.I. Biosfera i noosfera. – M.: Nauka, 1989. – 258 s.
7. Raschyot interferencii plotnosti antropogennogo dlya E'VM № 2009616716. – ROSPATENT, 2009.
8. Gofman V.E'., Xomonenko A.D. Delphi 6. – SPb.: BXV-Peterburg, 2001. – 1152 s.

А.М. СОЛОВЬЕВ

**О МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СТРУКТУРНОГО КОНТРОЛЯ
АППАРАТУРЫ КАНАЛООБРАЗОВАНИЯ***Предложена математическая модель транзисторного усилительного каскада.**Ключевые слова:* контроль; радиоаппаратура; математическая модель.**ВВЕДЕНИЕ**

Широкое применение усилительных каскадов в современной аппаратуре обусловлено необходимостью усиления электрических сигналов. В настоящее время усилители являются одним из основных узлов аппаратуры каналаообразования и, в частности, аппаратуры П-303 ОБ, широко применяемой в военной технике связи [1, 2].

Несмотря на отработанные методики проектирования усилительных каскадов, констатируются факты существенного отклонения от ожидаемых характеристик под влиянием факторов внешней среды или внутренних изменений в самих электронных схемах, что привело к необходимости осуществления систематического контроля функционирования устройств, в состав которых входят транзисторные усилители.

Как правило, такой контроль должен проводиться в строгом соответствии с нормативными документами по программам приемосдаточных, типовых, периодических и других испытаний [3]. Однако подобные испытания возможны исключительно с использованием аппаратуры предприятий-изготовителей, что не всегда представляется возможным в реальных условиях эксплуатации аппаратуры.

Практически систематический контроль осуществляется либо эпизодически, в зависимости от опыта специалиста, который эксплуатирует аппаратуру, либо после возникновения явной неисправности аппаратуры. На протяжении последних двух десятилетий в связи с ужесточением показателей качества стало понятным, что подобное положение не может оцениваться удовлетворительным и требует разработки мероприятий по внедрению систематического контроля в практику эксплуатации [4].

В общем, для этого можно было бы использовать резервирование, замену блоков после определенного срока эксплуатации, реализацию мероприятий по ревизии и периодической проверке приборов и т.д. [5-8]. Но эти предложения, как правило, вызывают усложнение аппаратуры, не редко снижение надёжности и нарушают или прерывают процесс функционирования контролируемой аппаратуры [4, 9]. Очевидно, что для быстродействующей радиоэлектронной аппаратуры акции нарушения или прерывания не всегда приемлемы, а в отдельных случаях вообще недопустимы [10].

В связи с этим становится актуальной идея текущего контроля профессора В.И. Ракова по использованию методологии структурного контроля [11, 12], существо которого фактически заключено в сравнении текущих измеренных целевых показателей с подобными показателями математической модели, названными в [11] эталонными характеристиками.

Для использования структурного контроля недостаточно использования типовых математических моделей транзисторных усилителей [13], поскольку структурный контроль требует подключения электронной схемы контроля параллельно транзисторному каскаду (параллельно контролируемой схеме). Поэтому вопросы построения подходящей математической модели для проведения текущего структурного контроля транзисторного каскада является актуальным.

МОДЕЛЬ ТРАНЗИСТОРНОГО УСИЛИТЕЛЬНОГО КАСКАДА

При построении математической модели транзисторного усилительного каскада будем основываться на его принципиальной схеме (рис. 1).

На рисунке 1 представлены: E_k – источник питания; C_{p1} – шунтирующий конденсатор входной цепи по постоянному току; C_{p2} – разделительный конденсатор; $R1$ и $R2$ – резисторы

в составе базового делителя; R_3 – сопротивление последовательной отрицательной обратной связи; R_K – нагрузочное сопротивление в цепи коллектора транзистора; R_H – сопротивление нагрузки усилительного каскада.

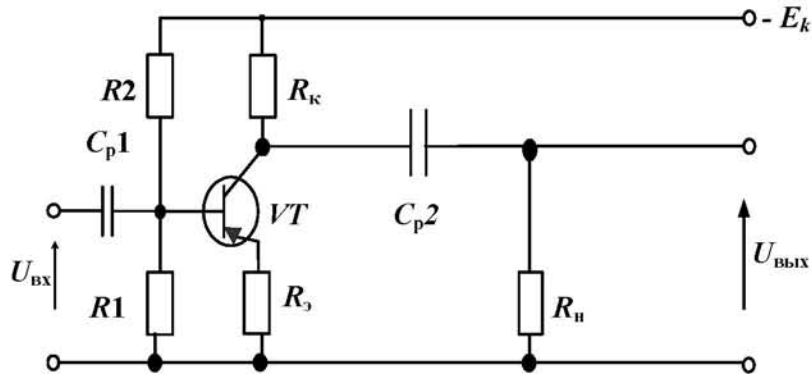


Рисунок 1 – Принципиальная схема транзисторного усилительного каскада

Данный усилитель, построенный по схеме с общим эмиттером, является самым распространенным каскадом, с показателями которого сравнивают показатели других каскадов, позволяет получить наиболее высокий коэффициент усиления по напряжению [14, 15].

Применение в схеме биполярного транзистора $p-n-p$ типа, несмотря на ограничения по использованию верхней границы частотной области по сравнению с транзистором $n-p-n$ типа остается наиболее распространенным и очень полезным для построения комплементарных схем [16].

При построении математической модели будем основываться на схеме замещения транзисторного усилительного каскада (рис. 2).

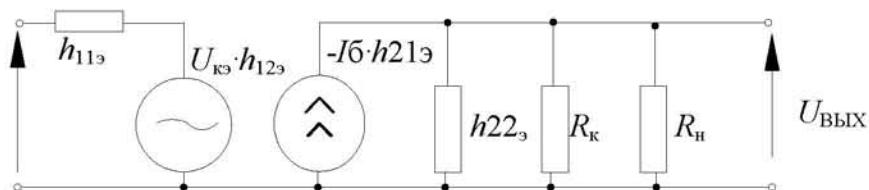


Рисунок 2 – Эквивалентная схема транзисторного усилительного каскада

В соответствии со схемой замещения:

$$U_{BX} = I_6 \cdot h_{11э} + U_{KЭ} \cdot h_{12э}, \quad (1)$$

$$h_{21э} \cdot (-I_6) = U_{KЭ} \cdot \left(h_{22э} + \frac{1}{R_K} + \frac{1}{R_H} \right). \quad (2)$$

Выразив I_6 из выражения (2)

$$I_6 = - \frac{U_{KЭ} \cdot \left(h_{22э} + \frac{1}{R_K} + \frac{1}{R_H} \right)}{h_{21э}}$$

и подставив полученное выражение в уравнение (1), получим:

$$U_{BX} = - \frac{(U_{KЭ} \cdot \left(h_{22э} + \frac{1}{R_K} + \frac{1}{R_H} \right)) \cdot h_{11э}}{h_{21э}} + U_{KЭ} \cdot h_{12э}.$$

Тогда коэффициент усиления исследуемого транзисторного усилительного каскада примет вид:

$$K_U = \frac{U_{KЭ}}{U_{BX}} = - \frac{h_{21э}}{\left(h_{22э} + \frac{1}{R_K} + \frac{1}{R_H} \right) \cdot h_{11э} + h_{12э} \cdot h_{21э}}. \quad (3)$$

На рисунке 3 представлен пример переходных характеристик транзисторного усилительного каскада.

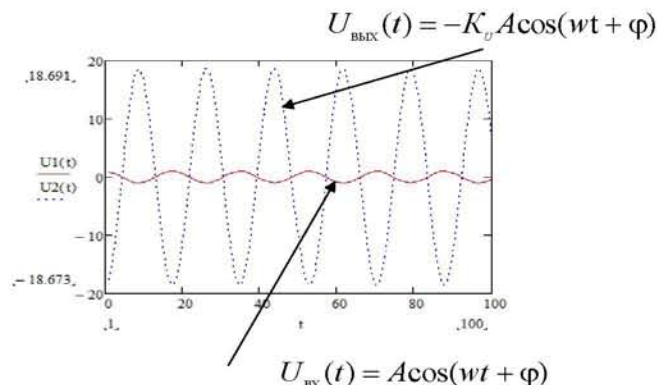


Рисунок 3 – Пример переходных характеристик транзисторного каскада

При этом входной сигнал имеет вид:

$$U_{\text{вх}}(t) = A \cos(wt + \varphi),$$

где A – амплитуда сигнала; w – частота сигнала; t – продолжительность сигнала во времени; φ – фаза сигнала.

При этом значения выходного сигнала $U_{\text{вых}}(t) = -K_U A \cos(wt + \varphi)$ зависят от коэффициента усиления K_U , рассчитанного с использованием выражения (3).

Представленные на рисунке 3 графики подтверждают, что усилительный каскад с общим эмиттером дает усиление по напряжению и инвертирует фазу входного сигнала. При измерении параметров усилителя с использованием приборов контроля могут возникать погрешности, обусловленные конечным значением сопротивления входных цепей приборов контроля, которые приводит к нарушению режима работы измеряемого объекта вследствие уменьшения сопротивления нагрузки [17].

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СТРУКТУРНОГО КОНТРОЛЯ ТРАНЗИСТОРНОГО УСИЛИТЕЛЬНОГО КАСКАДА

Для исследования влияния прибора контроля на коэффициент усиления и, как следствие, повышения достоверности контроля, дополним эквивалентную схему усилительного каскада (рис. 2) эквивалентной схемой прибора контроля, состоящей из двух входных цепей. Входная цепь измерительного прибора $Z_{\text{вх1}}$, состоящая из параллельно соединенных резистора сопротивлением $R_{\text{вх1}}$ и конденсатора емкостью $C_{\text{вх1}}$ [18], при измерении напряжения на входе усилительного каскада подключается параллельно сопротивлению транзистора $h_{11\text{э}}$, а входная цепь измерительного прибора $Z_{\text{вх2}}$, состоящая из параллельно соединенных резистора сопротивлением $R_{\text{вх2}}$ и конденсатора емкостью $C_{\text{вх2}}$, при измерении напряжения на нагрузке транзисторного усилительного каскада подключается параллельно нагрузке $R_{\text{н}}$. Схема исследования влияния прибора контроля на усилительные характеристики рассматриваемого транзисторного усилительного каскада представлена на рисунке 4.

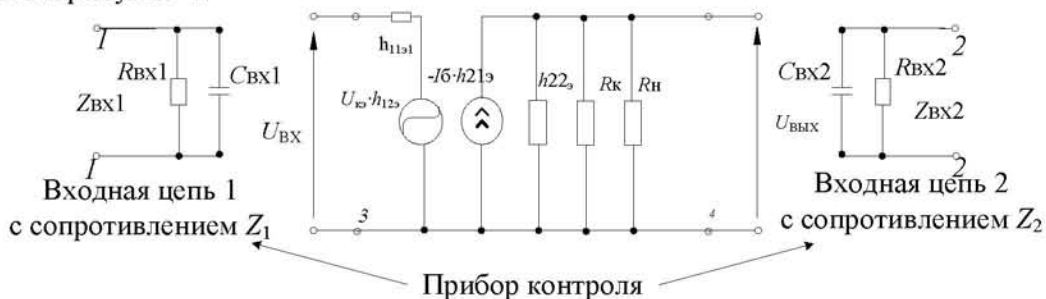


Рисунок 4 – Схема исследования влияния прибора контроля на усилительные характеристики транзисторного усилителя

Сопротивление входных цепей прибора контроля определяется из выражений:

- для входной цепи, подключаемой на вход усилительного каскада:

$$Z_{\text{вх}1} = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{R_{\text{вх}1}}\right)^2 + (\omega C_{\text{вх}1})^2}};$$

- для выходной цепи, подключаемой на выход усилительного каскада:

$$Z_{\text{вх}2} = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{R_{\text{вх}2}}\right)^2 + (\omega C_{\text{вх}2})^2}},$$

где $R_{\text{вх}1}$, $R_{\text{вх}2}$, $C_{\text{вх}1}$, $C_{\text{вх}2}$ – эквивалентные активные сопротивления и емкости входных цепей измерительного прибора.

На средних частотах емкостным сопротивлением прибора контроля можно пренебречь. Входные сопротивления измерительного прибора $R_{\text{вх}1}$ и $R_{\text{вх}2}$ приводят к изменению коэффициента усиления по напряжению усилительного каскада вследствие изменения входного сопротивления транзистора от $h_{11э}$ до сопротивления

$$Z_{\text{вх. ус.}} = \frac{h_{11э} \cdot R_{\text{вх}1}}{h_{11э} + R_{\text{вх}1}}, \quad (4)$$

а сопротивления нагрузки от $R_{\text{н}}$ до сопротивления

$$Z_{\text{вых. ус.}} = \frac{R_{\text{н}} \cdot R_{\text{вх}2}}{R_{\text{н}} + R_{\text{вх}2}}. \quad (5)$$

Таким образом, после подстановки (4) вместо h_{11} и (5) вместо $R_{\text{н}}$ в выражение (3) получим математическую модель коэффициента усиления, который будет рассчитываться в приборе контроля:

$$K_U = \frac{U_{\text{кэ}}}{U_{\text{вх}}} = - \frac{h_{21э}}{(h_{22э} + \frac{1}{R_{\text{к}}} + \frac{1}{R_{\text{н}}}) \cdot h_{11э} + h_{12э} \cdot h_{21э}} =$$

$$= - \frac{h_{21э}}{\left[h_{22э} + \frac{1}{R_{\text{к}}} + \frac{R_{\text{н}} + R_{\text{вх}2}}{R_{\text{н}} \cdot R_{\text{вх}2}} \right] \cdot \frac{h_{11э} \cdot R_{\text{вх}1}}{h_{11э} + R_{\text{вх}1}} + h_{12э} \cdot h_{21э}}$$

Особый интерес представляют случаи, когда в (6) учитываются емкостные сопротивления транзисторного усилительного каскада и прибора контроля, т.е. области низких и высоких частот.

Область низких частот. Чтобы не влиять на работу усилителя, измерительный прибор должен иметь как можно большее активное входное сопротивление $R_{\text{вх}1}$ и $R_{\text{вх}2}$ и, возможно, меньшую входную емкость $C_{\text{вх}1}$ и $C_{\text{вх}2}$ [18]. Поэтому в области низких частот (НЧ), когда емкостное сопротивление очень велико по сравнению с активным сопротивлением

$\frac{1}{\omega C_{\text{вх}1}} \gg R_{\text{вх}1}$ и $\frac{1}{\omega C_{\text{вх}2}} \gg R_{\text{вх}2}$, практически входное сопротивление измерительного прибора

$Z_{\text{вх}1} = R_{\text{вх}1}$ и $Z_{\text{вх}2} = R_{\text{вх}2}$ и, с точки зрения влияния на результаты измерений параметров усилительного каскада для области низких частот, емкостным сопротивлением измерительного прибора можно пренебречь.

В то же время необходимо учитывать разделительные конденсаторы $C_{\text{р}1}$ и $C_{\text{р}2}$, т.к. на низких частотах их сопротивления становятся соизмеримыми со входным сопротивлением усилителя $R_{\text{вх. ус.}} = R_{\text{вх}1} \parallel R_1 \parallel R_2 \parallel h_{11}$ и с эквивалентным сопротивлением нагрузки транзисторного каскада $R_{\text{н. эк}} = (1/h_{22}) \parallel R_{\text{к}} \parallel R_{\text{н}} \parallel R_{\text{вх}2}$.

Коэффициент усиления в области низких частот имеет вид:

$$K^H(j\omega) = -\frac{K_U}{\left(1 + \frac{1}{j\omega\tau_{H1}}\right)\left(1 + \frac{1}{j\omega\tau_{H2}}\right)} \approx -\frac{K_U}{\left(1 + \frac{1}{j\omega\tau_H}\right)},$$

где $\tau_{H1} = C_{p1}R_{\text{вх. ус.}}$ – постоянная времени в области НЧ, определяемая C_{p1} ; $\tau_{H2} = C_{p2}R_{\text{н. экв.}}$

– постоянная времени в области НЧ, определяемая C_{p2} ; $\tau_H = \frac{\tau_{H1} \cdot \tau_{H2}}{\tau_{H1} + \tau_{H2}}$ – эквивалентная

постоянная времени каскада в области НЧ, определяемая разделительными конденсаторами C_{p1} и C_{p2} .

На низких частотах влияние прибора контроля на коэффициент усиления транзисторного усилительного каскада заключается в изменении входного сопротивления и эквивалентного сопротивлением нагрузки усилителя. Часть усиливаемого входного сигнала $U_{\text{вх}}$ падает на разделительных конденсаторах (C_{p1} и C_{p2}), причем с уменьшением частоты оно возрастает, выходное напряжение уменьшается а это приводит к уменьшению коэффициента усиления по сравнению с его значением в диапазоне средних частот.

Область высоких частот. В области высоких частот (ВЧ) входное сопротивление прибора контроля определяется преимущественно емкостью и $Z_{\text{вх1}} = \frac{1}{j\omega C_{\text{вх1}}}$, $Z_{\text{вх2}} = \frac{1}{j\omega C_{\text{вх2}}}$, т.к.

в этом случае $\frac{1}{\omega C_{\text{вх1}}} \ll R_{\text{вх1}}$ и $\frac{1}{\omega C_{\text{вх2}}} \ll R_{\text{вх2}}$ [18]. При этом входная паразитная емкость прибора

контроля $C_{\text{вх1}}$ шунтирует входное сопротивление усилителя $R_{\text{вх. ус.}}$, а входная паразитная емкость прибора контроля $C_{\text{вх2}}$ шунтирует эквивалентное сопротивление нагрузки $R_{\text{н. экв.}}$, следовательно, уменьшают коэффициент усиления транзисторного каскада.

Для области верхних частот из общей схемы исключены разделительные конденсаторы, т.к. $X_{C_{p1}} \ll R_{\text{вх. ус.}}$, $X_{C_{p2}} \ll R_{\text{н. экв.}}$, при этом входное сопротивление усилительного каскада определяется из выражения $R_{\text{вх. ус.}} = Z_{\text{вх1}} \parallel R_1 \parallel R_2 \parallel h_{11}$, а эквивалентное сопротивление нагрузки – из выражения $R_{\text{н. экв.}} = (1/h_{22}) \parallel R_K \parallel R_H \parallel Z_{\text{вх2}}$.

Комплексный коэффициент передачи каскада в области высоких частот (ВЧ) имеет вид:

$$K^B(j\omega) = -\frac{K_U}{(1 + j\omega\tau_{B1})(1 + j\omega\tau_{B2})} \approx -\frac{K_U}{(1 + j\omega\tau_B)},$$

где $\tau_{B1} = C_{\text{вх1}}R_{\text{вх. ус.}}$ – постоянная времени в области ВЧ, определяемая $C_{\text{вх1}}$;

$\tau_{B2} = C_{\text{вх2}}R_{\text{н. экв.}}$ – постоянная времени в области ВЧ, определяемая $C_{\text{вх2}}$; $\tau_B = \tau_{B1} + \tau_{B2}$ – эквивалентная постоянная времени каскада в области ВЧ, определяемая емкостями прибора контроля $C_{\text{вх1}}$ и $C_{\text{вх2}}$.

В области верхних частот проявляется шунтирующее действие емкости прибора контроля $C_{\text{вх2}}$, в результате чего ток через $R_{\text{н}}$ уменьшается, следовательно, уменьшается и коэффициент усиления транзисторного усилительного каскада.

Таким образом, влияние прибора контроля на результаты измерений коэффициента усиления по напряжению обусловлено параметрами, характеризующих построение схемы измерительного прибора $R_{\text{вх1}}$, $R_{\text{вх2}}$, $C_{\text{вх1}}$, $C_{\text{вх2}}$. Так, взаимное расположение проводов прибора контроля, характеризующихся $C_{\text{вх1}}$ и $C_{\text{вх2}}$, вызывает расстройку схемы, изменение режимов работы транзистора и появление обратной связи между входом и выходом усилителя [19].

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА СРЕДСТВА МОДЕЛИРОВАНИЯ СТРУКТУРНОГО КОНТРОЛЯ ТРАНЗИСТОРНОГО УСИЛИТЕЛЬНОГО КАСКАДА

Существующие в настоящее время в мировой практике средства моделирования Electronics Workbench, Vissim, Multisim, Micro-Cap, DesignLab, APLAC, System View и

CircuitMaker предоставляют широкие возможности для построения и анализа электронных схем [20-25].

Реальный выбор средства моделирования можно провести лишь при сравнении программной реализации структурного контроля с учетом следующих условий:

- возможность моделирования работы аналоговых схемотехнических элементов;
- возможность использования различных диагностических инструментов и приборов (например, генератора, осциллографа);
- наличие моделей неисправных элементов или элементов, закон функционирования которых может быть изменен;
- возможность расширения элементной базы;
- наличие «дружественного» интерфейса пользователя.

Среди большого разнообразия критериев, таких как, например, достаточность и полнота возможностей для реализации модели, доступность, простота и легкость освоения, скорость и корректность создания программной модели, критерием выбора средства моделирования может быть минимизация времени на разработку модели структурного контроля транзисторного усилительного каскада при минимальной стоимости программного продукта.

При этом, если стоимость программного продукта определяется целевым назначением программного продукта и предлагаемыми возможностями, то желание ускорить процесс создания моделей требует использовать те средства моделирования, которые не требуют навыков программирования.

Программа в таких средствах должна создаваться автоматически при создании схемы транзисторного усилительного каскада на основе использования библиотек широко распространенных электронных компонентов, а результаты моделирования желательно, чтобы выводились на экраны подключенных к схеме измерительных приборов.

Кроме этого, возможности средства моделирования должны позволить исследовать влияние на коэффициент усиления по напряжению транзисторного усилительного каскада прибора контроля, подключение которого можно заменить в программе моделирования подключением резисторов и конденсаторов ($R_{вх1}$, $R_{вх2}$, $C_{вх1}$ и $C_{вх2}$) к входу и выходу усилителя.

Результаты исследования зависимости коэффициента усиления по напряжению от резистивного и емкостного сопротивления измерительного прибора, полученные в результате моделирования структурного контроля транзисторного усилительного каскада, могут быть учтены при предъявлении требований к прибору контроля по предотвращению влияния его на результаты измерений, значит, и повышения достоверности контроля.

ВЫВОДЫ

1. Математическая модель (6) учитывает влияние схемы подключения прибора контроля на результаты измерений коэффициента усиления транзисторного усилительного каскада, что повышает достоверность контроля.
2. Предлагаемая математическая модель (7) может быть выбрана в качестве базовой модели при проведении структурного контроля и может быть основой для моделирования процессов контроля транзисторных усилительных схем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Миловзоров О.В. Электроника: учебник для ВУЗов / О.В. Миловзоров, И.Г. Панков. – 4-е изд., стер. – М.: Высш. школа, 2008. – 288 с.: ил.
2. Травин Г.А. Основы схемотехники устройств радиосвязи, радиовещания и телевидения: учебное пособие для ВУЗов. – 2-е изд., испр. – М.: Горячая линия-Телеком, 2009. – 592 с.: ил.
3. Аппаратура радиоэлектронная бытовая. Методы измерения электрических параметров усилителей сигналов звуковой частоты. ГОСТ 23849-87 (действующий). Изм. № 2 от 21.10.1993.

4. Алексеев А.А. Идентификация и диагностика систем: учеб. для студ. высш. учеб. заведений / А.А. Алексеев, Ю.А. Кораблев, М.Ю. Шестопалов. – М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 352 с.
5. Яхьяев Н.Я., Корабкин А.В. Основы теории надежности и диагностика: учеб. для студ. высш. учебн. заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 256 с.: ил.
6. Половко А.М., Гуров С.В. Основы теории надежности. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 704 с.: ил.
7. Острейковский В.А. Теория надежности: учебник для ВУЗов. – М.: Высш. школа, 2003. – 463 с.: ил.
8. Синопальников В.А., Григорьев С.Н. Надежность и диагностирование технологических систем: учебник. – М.: Высш. школа, 2005. – 343 с.
9. Генкин М.Д., Соколова А.Г. Виброакустические машины и механизмы. – М.: Машиностроение, 1987.
10. Угрюмов Е.П. Цифровая схемотехника. – СПб.: БХВ-Петербург, 2004. – 528 с.
11. Раков В.И. О структурном контроле технических средств управления // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика, 2005. – № 12.
12. Раков В.И., Соловьев А.М. Актуальность структурного контроля аппаратуры каналаообразования // Проблемы автоматизации и управления в технических системах: сборник трудов Международной научно-технической конференции. – Пенза: ПГУ, 2011. – Том 2. – С. 116-126.
13. Петров М.Н., Гудков Г.В. Моделирование компонентов и элементов интегральных схем. – СПб.: Издательство «Лань», 2011. – 464 с.: ил.
14. Радиотехника: энциклопедия / под ред. Ю.Л. Мазора, Е.А. Мачусского, В.И. Правды. – 2-е изд., стер. – М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2009. – 944 с.
15. Гусев В.Г., Гусев Ю.М. Электроника для ВУЗов. – М.: Высш. школа, 1982. – 356 с.
16. Мищенко А.М. Основы аналоговой электроники. – Новосибирск: Издательство НГУ, 2008. – 190 с.
17. Кушнир Ф.В. и др. Измерения в технике связи: учебник для ВУЗов. – 4-е изд., доп. и перераб. – М.: «Связь», 2009. – 432 с.
18. Нефедов В.И., Сигов А.С. Метрология и электрорадиоизмерения в телекоммуникационных системах. – М.: Издательство «Высшая школа», 2005. – 599 с.
19. Соболевский А.Г. Измерения в радиоаппаратуре. – М.: Воениздат, 1961. – 356 с.
20. Карлашук В.И. Электронная лаборатория на IBM PC. – М.: «Солон-Р», 2000. – 512 с.
21. Васильченко Е.В., Наседкин К.С. Проектирование схем на компьютере. – М.: «Солон-Пресс», 2004. – 310 с.
22. Хернитер Марк Е. Multisim 7: современная система компьютерного моделирования и анализа схем электронных устройств / пер. с англ. Осипов А.И. – М.: Издательский дом ДМК-пресс, 2006. – 488 с.: ил.
23. Кардашев Г.А. Виртуальная электроника. Компьютерное моделирование аналоговых устройств. – М.: Горячая линия-Телеком, 2002. – 260 с.: ил.
24. Кардашев Г.А. Цифровая электроника на персональном компьютере: Electronics Workbench и Micro-Cap. – М.: Горячая линия-Телеком, 2003. – 311 с.
25. Амелина М.А. Программа схемотехнического моделирования Micro-Cap 8. – М.: Горячая линия-Телеком, 2007. – 464 с.

Соловьёв Александр Михайлович

Академия ФСО России, г. Орел

Преподаватель кафедры «Техническая эксплуатация средств связи»

Тел.: 8 (4862) 49-82-59, 8 919 209 02 63

E-mail: solowjevam@mail.ru

A.M. SOLOVYOV (*Teacher of the department «Technical maintenance of communication»*)

Academy of Federal Agency of protection of the Russian Federation, Orel

ABOUT MATHEMATICAL MODEL OF CHANNEL TRANSLATING EQUIPMENT

The mathematical model of structural control of the transistor amplifier cascade is offered.

Keywords: *control; radio equipment; mathematical model.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Milovzorov O.V. E'lektronika: uchebnik dlya VUZov / O.V. Milovzorov, I.G. Pankov. – 4-e izd., ster. – M.: Vy'ssh. shkola, 2008. – 288 s.: il.
2. Travin G.A. Osnovy' sxemotexniki ustrojstv radiosvyazi, radioveshhyaniya i televideniya: uchebnoe posobie dlya VUZov. – 2-e izd., ispr. – M.: Goryachaya liniya-Telekom, 2009. – 592 s.: il.
3. Apparatura radioe'lektronnaya by'tovaya. Metody' izmereniya e'lektricheskix parametrov usilitelej signalov zvukovoj chastoty'. GOST 23849-87 (deystvuyushhij). Izd. № 2 ot 21.10.1993.
4. Alekseev A.A. Identifikaciya i diagnostika sistem: ucheb. dlya stud. vy'ssh. ucheb. zavedenij / A.A. Alekseev, Yu.A. Korablyov, M.Yu. Shestopalov. – M.: Izdatel'skij centr «Akademiya», 2009. – 352 s.
5. Yax'ev N.Ya., Korabkin A.V. Osnovy' teorii nadyozhnosti i diagnostika: ucheb. dlya stud. vy'ssh. uchebn. zavedenij. – M.: Izdatel'skij centr «Akademiya», 2009. – 256 s.: il.
6. Polovko A.M., Gurov S.V. Osnovy' teorii nadyozhnosti. – 2-e izd., pererab. i dop. – SPb.: BXV-Peterburg, 2006. – 704 s.: il.
7. Ostrejkovskij V.A. Teoriya nadyozhnosti: uchebnik dlya VUZov. – M.: Vy'ssh. shkola, 2003. – 463 s.: il.
8. Sinopal'nikov V.A., Grigor'ev S.N. Nadyozhnost' i diagnostirovanie texnologicheskix sistem: uchebnik. – M.: Vy'ssh. shkola, 2005. – 343 s.
9. Genkin M.D., Sokolova A.G. Vibroakusticheskie mashiny' i mexanizmy'. – M.: Mashinstroenie, 1987.
10. Ugryumov E.P. Cifrovaya sxemotexnika. – SPb.: BXV-Peterburg, 2004. – 528 s.
11. Rakov V.I. O strukturnom kontrole texnicheskix sredstv upravleniya // Pribory' i sistemy'. Upravlenie, kontrol', diagnostika, 2005. – № 12.
12. Rakov V.I., Solov'yov A.M. Aktual'nost' strukturnogo kontrolya apparatury' kanaloobrazovaniya // Problemy' avtomatizacii i upravleniya v texnicheskix sistemax: sbornik trudov Mezhdunarodnoj nauchno-texnicheskoj konferencii. – Penza: PGU, 2011. – Tom 2. – S. 116-126.
13. Petrov M.N., Gudkov G.V. Modelirovanie komponentov i e'lementov integral'ny'x sxem. – SPb.: Izdatel'stvo «Lan'», 2011. – 464 s.: il.
14. Radiotexnika: e'nciklopediya / pod red. Yu.L. Mazora, E.A. Machusskgo, V.I. Pravdy'. – 2-e izd., ster. – M.: Izdatel'skij dom «Dode'ka-XXI», 2009. – 944 s.
15. Gusev V.G., Gusev Yu.M. E'lektronika dlya VUZov. – M.: Vy'ssh. shkola, 1982. – 356 s.
16. Mishhenko A.M. Osnovy' analogovoj e'lektroniki. – Novosibirsk: Izdatel'stvo NGU, 2008. – 190 s.
17. Kushnir F.V. i dr. Izmereniya v texnike svyazi: uchebnik dlya VUZov. – 4-e izd., dop. i pererab. – M.: «Svyaz'», 2009. – 432 s.
18. Nefedov V.I., Sigov A.S. Metrolgiya i e'lektroradioizmereniya v telekommunikacionny'x sistemax. – M.: Izdatel'stvo «Vy'sshaya shkola», 2005. – 599 s.
19. Sobolevskij A.G. Izmereniya v radioapparature. – M.: Voenizdat, 1961. – 356 s.
20. Karlashhuk V.I. E'lektronnaya laboratoriya na IBM PC. – M.: «Solon-R», 2000. – 512 s.
21. Vasil'chenko E.V., Nasedkin K.S. Proektirovanie sxem na komp'yutere. – M.: «Solon-Press», 2004. – 310 s.
22. Xerniter Mark E. Multisim 7: svremennaya sistema komp'yuternogo modelirovaniya i analiza sxem e'lektronny'x ustrojstv / per. s angl. Osipov A.I. – M.: Izdatel'skij dom DMK-press, 2006. – 488 s.: il.
23. Kardashev G.A. Virtual'naya e'lektronika. Komp'yuternoe modelirovanie analogovy'x ustrojstv. – M.: Goryachaya liniya-Telekom, 2002. – 260 s.: il.
24. Kardashev G.A. Cifrovaya e'lektronika na personal'nom komp'yutere: Electronics Workbench i Micro-Cap. – M.: Goryachaya liniya-Telekom, 2003. – 311 s.
25. Amelina M.A. Programma sxemotexnicheskogo modelirovaniya Micro-Cap 8. – M.: Goryachaya liniya-Telekom, 2007. – 464 s.

О.В. ТАРАКАНОВ

ПРИНЦИП СЕМАНТИЧЕСКОГО СВЯЗЫВАНИЯ СУЩНОСТЕЙ В ИНФОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ БАЗЫ ДАННЫХ

Рассмотрен подход к решению задачи проектирования связей между таблицами базы данных. Предложен способ задания связей на основании семантики взаимодействия объектов реального мира. Применен аппарат исчисления высказываний первого порядка для логического обоснования существования связей. Показана независимость способа от вида модели данных и методологии проектирования базы данных.

Ключевые слова: инфологическая модель (концептуальная) базы данных; связь; отношение (сущность); семантическая характеристика связи; осмысленное высказывание; функция истинности высказывания; ключевое слово связи; абстракция связи предметов, процессов, явлений реального мира.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из факторов, сдерживающих развитие применения в управляющих системах реляционных баз данных, является неизменяемость их структуры после генерации системного каталога. Особенно чувствительными к качеству структуры являются распределенные базы данных. Качество локальных, сетевых и параллельных баз данных (БД) также существенно зависит от качества проекта по их созданию.

Создание баз данных традиционно [1, 2] осуществляется поэтапно – от логической к физической структуре. На этапе физического проектирования обычно выполняются работы по согласованию спецификаций логической структуры с особенностями выбранной системы управления базой данных (СУБД). Неизменность структуры БД обеспечивается на этапе логического проектирования.

Здесь имеется важный уровень абстракции, на котором осуществляется связывание сущностей. Реляционная модель данных по Кодду [3] декларирует единственный достаточно универсальный вид связи, семантика которого определяется разработчиком – ассоциативный. Данный подход является средством упрощения информационного моделирования и снижением релевантности разрабатываемой модели одновременно. Следовательно, актуальна задача снятия противоречия между необходимостью более точного абстрагирования связей предметной области и ограниченностью набора видов связей в реляционной модели данных.

ОБЩАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В данной статье рассматривается процедура связывания сущностей в процессе логического моделирования предметной области при разработке структуры эффективной БД. Абстрагирование предметов, процессов и явлений реального мира сущностями к моменту их связывания должно быть выполненным с достаточным качеством. Это означает, что все сущности именованы, несут достаточную понятную семантическую нагрузку, оснащены необходимыми наборами определенных на стандартных доменах атрибутов, абстрагирующих значимые свойства предметов, процессов и явлений. Все сущности модели приведены как минимум к третьей нормальной форме (желательно их приведение к нормальной форме Бойса-Кодда).

Имеется инфологическая (концептуальная) модель предметной области, основанная на совокупности локальных пользовательских предпочтений или системе запросов, абстрагирующих совокупность информационных потребностей пользователей. В инфологической модели специфицированы существующие в предметной области связи. Выбор стратегии проектирования БД не имеет значения.

Пусть абстрагирование предметной области обуславливает существование сущностей A и B , обладающих первичными ключами $Pkey[A]$ и $Pkey[B]$, соответственно. В реальном мире между данными предметами имеется связь $Link$ с некоторой семантикой S . Необходимо смоделировать связь $Link(S)$, как абстракцию, зависящую от первичных ключей, учитывающую идентифицируемость экземпляров одной сущности экземплярами другой (возможно отсутствие

идентификации) и обладающую спецификациями соответствующих свойств, необходимых для физического проектирования БД.

Искомый функционал можно представить в виде

$$Link(S) = F[A(Pkey[A]), B(Pkey[B])]. \quad (1)$$

Здесь функционал F символизирует факт наличия или отсутствия семантической связи между сущностями A и B . Свойства функционала F специфицируются в общем виде кортежем:

$$F = \langle Name, Pkey[A], Fkey[B] - REF\{A\}, Pkey[B], Fkey[A] - REF\{B\} \rangle, \quad (2)$$

где $Name$ – ключевая фраза связи (часто подразумевается имя связи);

$Fkey$ – внешний ключ зависимой (дочерней, идентифицируемой) сущности;

REF – указатель на ведущую (родительскую, идентифицирующую) сущность.

Необходимо отметить, что кортеж (2) представляет собой запись на случай двусторонней (множественной, типа «многие ко многим») связи. Для однонаправленной (типа «один ко многим») связи отдельные слоты будут иметь значение $NULL$. Слот $Name$ не может принимать значение $NULL$ по сути.

Задача состоит в изыскании способа определения (специфицирования) значений слотов функционала F , обеспечивающих однозначную семантику связи между двумя сущностями логической структуры базы данных и обоснованность типа связи, отличающегося от известных универсальностью по видам связи предметной области (не зависимый от вида связи) и логической ясностью формулировки.

ХОД ИССЛЕДОВАНИЯ

В реляционной модели данных связывание сущностей заключается в сопоставлении отдельных экземпляров по совпадению значений ключей. Данный тезис оставляет открытым вопрос о семантике связывания. Не подлежит регуляризации и вопрос отсутствия зависимых сущностей на момент связывания. Считается, что отсутствие на момент связывания экземпляра идентифицируемой (дочерней, ведомой) сущности есть проявление допустимого случая мощности связи, который описывается правилом «нуль, один или много зависимых экземпляров»:

$$Pkey[A] \equiv \{Fkey[B] - REF\{A\}\} = \emptyset. \quad (3)$$

Ранее [2, 4] считалось, что связь имеет мощность «один ко многим», а отсутствие зависимого экземпляра – есть временное явление.

Отсутствие на момент связывания экземпляра идентифицирующей (родительской, ведущей) сущности обычно [3, 5] рассматривается как случай неидентифицирующей связи. В этом случае внешний ключ не включается в состав ключа отношения и прекращается действие всех без исключения правил ссылочной целостности. Тем самым утрачивается строгость реляционной модели данных:

$$\{Pkey[A]\} = \emptyset \equiv Fkey[B] - REF\{A\}. \quad (4)$$

Наличие на момент связывания более одного идентифицирующего экземпляра для группы из не менее, чем двух зависимых экземпляров, определяет вид связи типа «многие ко многим». Данный вид связи не поддерживается реляционной моделью данных и подлежит обязательному разрешению с помощью ассоциирующей или именуемой сущности, которая может носить суть синтетический характер (не иметь прообраза в реальном мире). Данный случай вносит наибольшее расхождение инфологической модели с предметной областью:

$$\begin{cases} Pkey[A] \equiv \{Fkey[C] - REF\{A\}\} \\ Pkey[B] \equiv \{Fkey[C] - REF\{B\}\} \end{cases} \quad (5)$$

где $Fkey[C]$ – внешний ключ ассоциирующей (именуемой) сущности, применяемой для разрешения множественной связи между сущностями A и B .

В выражениях (3-5) отсутствует функционал F , что приводит к описанным явлениям. Ранее декларировано, что данный функционал отражает семантику связи. Следовательно, целесообразно его строить через семантику фрагмента предметной области.

Для восстановления функционала F необходимо сформулировать пару осмысленных высказываний относительно семантики охватывающего сущности A и B фрагмента предметной области. Осмысленность не значит истинность. Осмысленность рассматривается в контексте

правила построения (метасинтаксиса). Это означает, что необходимо сформулировать логическую конструкцию вида:

$$\begin{aligned} & N_1_Name(A)_VerbFraser_{A-B}_N2_Name(B) \\ & N1_Name(B)_VerbFraser_{B-A}_N2_Name(A)' \end{aligned} \quad (6)$$

где N_1 – числительное, выражающее роль сущности, участвующей в связке единственным экземпляром. N_1 всегда равно 1;

$Name(A)$ – имя сущности A , отражающее смысл абстрагированного ею предмета, процесса или явления реального мира;

$VerbFraser_{A-B}$ – абстракция (наименование) смысла или род связи между абстрагированными сущностями A и B предметами, процессами или явлениями реального мира при прочтении осмысленной фразы условно от сущности A к сущности B ;

N_2 – числительное, выражающее роль сущности в связке через множественность одновременно участвующих экземпляров. N_2 никогда не равно ни 0, ни 1 и является положительным целым;

$Name(B)$ – имя сущности B , отражающее смысл абстрагированного ею предмета, процесса или явления реального мира;

$VerbFraser_{B-A}$ – абстракция (наименование) смысла или род связи между абстрагированными сущностями A и B предметами, процессами или явлениями реального мира при прочтении осмысленной фразы условно от сущности B к сущности A .

Для определения вида связи необходимо на основании правил предметной области (бизнес-правил) определить истинность каждого из высказываний. Возможны четыре случая:

- а) нет истинных высказываний;
- б) оба высказывания истинны;
- в) первое высказывание истинно, а второе – ложно;
- г) второе высказывание истинно, а первое – ложно.

Случай а) позволяет утверждать, что абстрагированные сущностями A и B предметы, процессы или явления в реальном мире не связаны между собой. Случай б) указывает на наличие множественной связи, которую необходимо разрешить правилами реляционной модели данных. В остальных случаях определена идентифицирующая связь между сущностями, где родительской является сущность при числительном N_1 .

Следствием специфицированного результата является простота отыскания значения слота $Name$ функционала F . Очевидно, что $Name = VerbFraser_i$. Отсутствие на момент связывания экземпляра идентифицированной сущности теперь не влияет на принятие решения о свойствах моделируемой связи, что снимает противоречие, описываемое выражением (3).

Для снятия противоречия, описываемого выражением (4), а именно, для решения о типе моделируемой связи, необходимо воспользоваться оценкой строгости сформулированной $VerbFraser$. Если допустимы случаи, когда существующий экземпляр дочерней сущности не соответствует (не ссылается) ни одному экземпляру родительской сущности, то такая связь не идентифицирующая. Данное утверждение не противоречит постулатам реляционной модели данных. Однако случаи не идентифицирующих связей подлежат отдельному анализу.

Не идентифицирующая связь показывает на слабую корреляцию предметов, процессов или явлений в реальном мире, связь между которыми моделируется. Это означает, что имеется некоторый случай истинности осмысленных высказываний по выражению (6), который не оговорен приведенным правилом. Здесь ожидается промежуточное состояние между случаем а) и одним из случаев в) или г). Но это противоречит постулатам математической логики и принципам информационного моделирования. Либо связь между объектами реального мира есть, либо ее нет. Сила связи в реляционной модели данных не специфицирована. Следовательно, не идентифицирующая связь не имеет обоснования с точки зрения логики связывания сущностей. Целесообразно данный тип связи в моделях не применять. А случай не идентифицирующей связи исследовать методами теории нечетких множеств. Данное исследование выходит за рамки заявленной темы данной статьи.

Традиционно для теории баз данных обосновывать применимость того или иного решения на примере практических задач (обоснование на прецедентах). Рассмотрим задачу примеров 2.15

и 2.16 из [2]. Авторы рассуждают о необходимости отдельных связей, не принимая обоснованных решений. Для изложения в научной литературе это приемлемо. Но для решения практической задачи проектирования эффективной базы данных не допустимо. В соответствии с предложенным способом для каждой пары сущностей (*Stars* – *Movies*, *Stars* – *Studios* и *Movies* – *Studios*) необходимо сформулировать по паре осмысленных высказываний:

$$\begin{aligned} &1_Stars_\"Stars_in\"_M_Movies \\ &in_1_Movies_\"Starring\"_N_Stars' \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} &1_Stars_\"Works_for\"_K_Studios \\ &in_1_Studios_\"Working\"_L_Stars' \end{aligned} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} &1_Movies_\"Makes_on\"_P_Studios \\ &in_1_Studios_\"Making\"_S_Movies' \end{aligned} \quad (9)$$

Проверка истинности высказываний показывает, что в паре (7) оба высказывания истинны, так как один актер снимается в нескольких кинофильмах, а в одном кинофильме задействуется несколько актеров. В паре (8) также оба высказывания истинны, так как один актер может иметь контракты с несколькими киностудиями, а каждая киностудия заключает контракты с несколькими актерами. В паре высказываний (9) истинно только второе высказывание, так как в условиях конкуренции киностудии стремятся к самостоятельному изготовлению кинофильмов (с целью избежать раздела прибыли и авторских отчислений). Таким образом, должна быть сформирована информационно-логическая модель, изображенная на рисунке 1 (в отличие от модели на рисунке 2.12 в [2] здесь связь между сущностями *Studios* и *Movies* направлена в сторону второй сущности).

В модели имеются две множественные связи, отображенные парами *Stars in*, *Starring* и *Works for*, *Working*. Для их разрешения целесообразно ввести ассоциативную сущность *Contracts* (Контракты) и сформировать три пары осмысленных высказываний, как было показано выше:

$$\begin{aligned} &1_Contracts_\"Concludes_for\"_U_Studios \\ &in_1_Studios_\"Cocluded\"_V_Contracts' \end{aligned} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} &1_Stars_\"In_films_by\"_T_Contracts \\ &by_1_Contracts_\"Filmed\"_S_Stars' \end{aligned} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} &1_Contracts_\"Involved_in\"_X_Movies \\ &in_1_Movies_\"Uses\"_Y_Contracts' \end{aligned} \quad (12)$$

Так как один контракт не может быть заключен с несколькими киностудиями, то первое высказывание пары (10) ложно, второе – истинно. В паре (11) истинно первое высказывание, так как контракты носят сугубо личный характер, а в паре (12) истинно второе высказывание, так как по одному контракту не могут проводиться съемки в нескольких кинофильмах. Используя только истинные высказывания для связывания соответствующих сущностей и удалив из инфологической модели множественные связи, получаем модель, изображенную на рисунке 2. Она отличается от решения в [2], представленного на рисунке 2.13, но точно отражает моделируемую предметную область и реализуема средствами реляционной модели данных.

Пригодность предлагаемого решения подлежит оценке по конечному результату, а именно по уровню качества спроектированной базы данных. Методический аппарат оценки качества баз данных [6, 7] не предусматривает критериев для оценивания совокупности связей между таблицами. Отчасти это справедливо ввиду того, что таблицы связываются виртуально. Тем не менее, справедливо полагать, что качество базы данных тем выше, чем более точно смоделированы связи, имеющиеся в реальном мире (предметной области). При этом часть связей может «зашумлять» базу данных, не имея прямого отношения к решению основной информационной проблемы. Это положение хорошо согласуется с принципами моделирования вообще – в базу данных должны быть включены только значимые, с точки зрения удовлетворения информационных потребностей пользователей, связи.

С другой стороны, каждая устанавливаемая в базе данных связь обладает собственными характеристиками. К ним можно отнести: силу связи, которая показывает насколько

коррелированы экземпляры связанных сущностей; емкость связи, которая определяется количеством пар «первичный ключ – внешний ключ», образующих её; идентифицирующую силу связи, которая показывает, допустимы ли в дочерней таблице кортежи, не зависящие от кортежей родительской таблицы. Можно выделить еще ряд характеристик связи, однако это не относится к теме статьи.

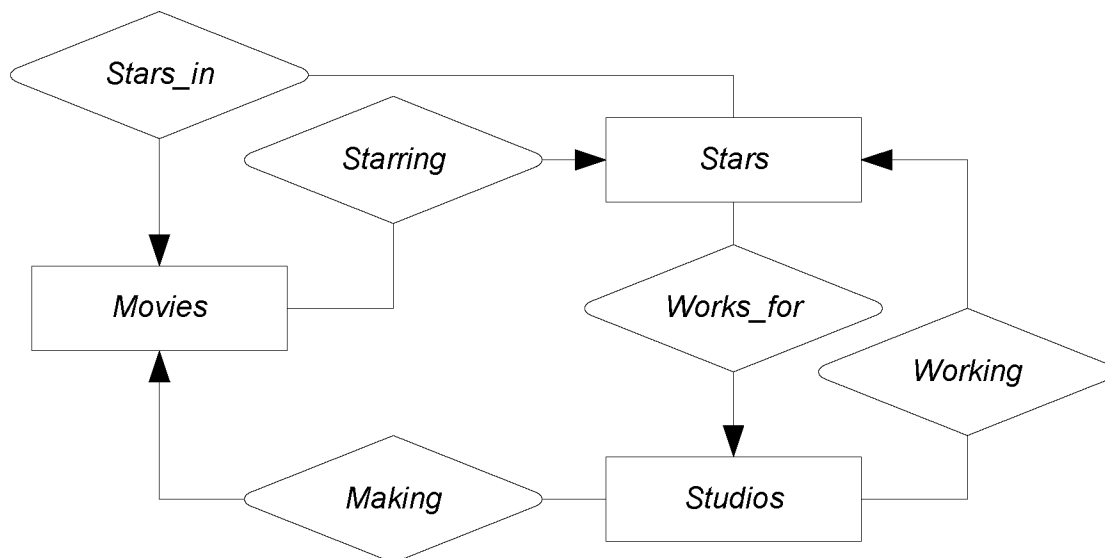


Рисунок 1 – Информационно-логическая модель базы данных о кинофильмах

Данные положения позволяют считать базу данных тем качественнее, чем более релевантными, сильными, идентифицирующе сильными и менее емкими связями она обладает. С этой позиции база данных, представленная моделью на рисунке 2, более качественная, чем изображенная на рисунке 2.13 в [2]. Следовательно, предложенная методика связывания сущностей (в логической модели и таблицах в физической модели при прямом транспонировании первой во вторую) обеспечивает положительный эффект относительно качества в процессе проектирования базы данных.

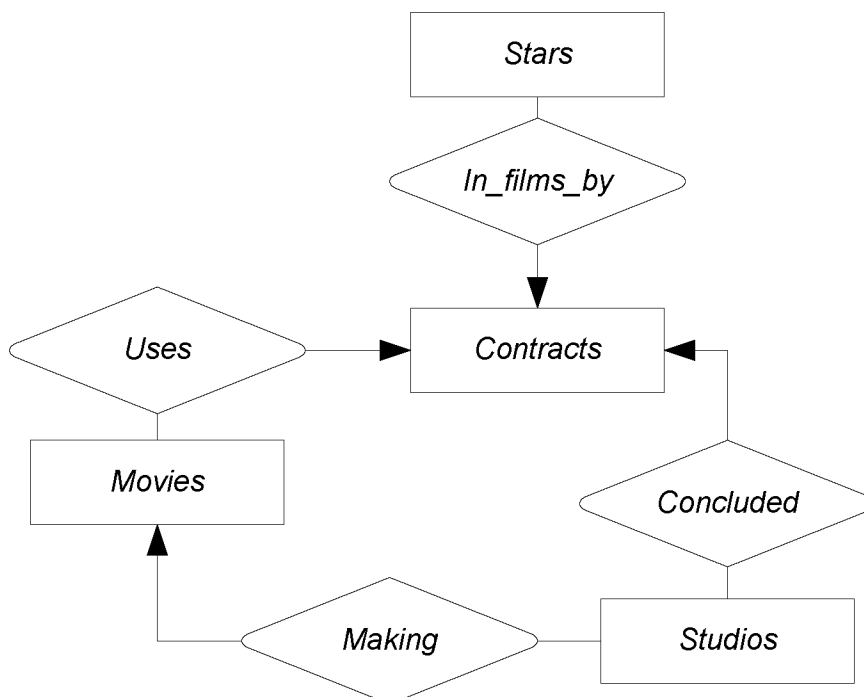


Рисунок 2 – ERD базы данных о кинофильмах

Парадигма объектных баз данных, которая впоследствии трансформировалась в объектно-ориентированную модель, также предусматривает абстракцию взаимоотношенности предметов, процессов и явлений реального мира в ходе информационного моделирования. Также, как и в реляционной модели данных, в ней поддерживается только один вид связи – ассоциация, который необходимо существенно семантически нагружать для получения достаточно адекватной инфологической модели.

С другой стороны, механизм ссылок, используемый в объектно-реляционной модели данных для связывания объектов, не строг, он допускает значительный волюнтаризм, следовательно, формирует предпосылки к не достижению эффективности проектируемой базы данных. Приемлемым решением в данной ситуации является предложенная методика семантического связывания сущностей относительно проектирования связей между объектами.

ВЫВОДЫ

Для обеспечения адекватности инфологической модели предметной области в ходе проектирования базы данных сформулирован принцип семантического связывания сущностей для построения логической модели, обеспечивающий однозначную трактовку смыслового тяготения предметов, процессов или явлений реального мира друг к другу, основанный на исчислении высказываний первого порядка. Принцип является базисом методики семантического связывания сущностей, защищающей процесс проектирования от необоснованного применения множественных (двунаправленных, типа «многие ко многим») связей, отличающейся от известных рекомендаций использованием семантики для определения мощности устанавливаемой связи и простотой и адекватностью формулировки ролей сущностей.

Принцип семантического связывания сущностей обеспечивает гарантию не пропуска в модели значимых связей предметов, процессов, явлений реального мира, что позволяет считать полноту связей базы данных достаточной. Упрощена процедура именования связей, придания им смысла, обеспечивающего «читаемость» инфологической модели базы данных. Обеспечена однозначность определения идентифицирующего свойства устанавливаемой связи.

В статье сформулированы требующие дополнительного обоснования показатели качества баз данных (подмножество относительно связей базы данных), такие, как сила связи, емкость связи и идентифицирующая сила связи. В статье не приведена методика определения значений указанных характеристик, что является одним из направлений дальнейших исследований. Логически обосновано наличие эффекта от применения методики семантического связывания сущностей как для проектирования реляционных, так и для объектно-реляционных баз данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Конноли Т. Базы данных: проектирование, реализация и сопровождение. Теория и практика: уч. пос. / Т. Конноли, К. Бегг, А. Страчан. – 2-е изд.: пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2000. – 1120 с.
2. Гарсиа-Молина Г. Системы баз данных. Полный курс: пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 1088 с.
3. Codd E.F. Extending of Relational Database to Capture More Mining. ACM Trans. on Database Systems. – V. 4. – № 4 (December 1979) – P. 397-434. Русский перевод: Кодд Э.Ф. Расширение реляционной модели для лучшего отражения семантики // СУБД. 1996. – № 5-6. – С. 163-192.
4. Дейт К. Введение в системы баз данных. – 8-е изд.: пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1328 с.
5. Дейт К.Дж., Дарвен Х. Основы будущих систем баз данных. Третий манифест. – 2-е изд.: пер. с англ. С.Д. Кузнецов, Т.А. Кузнецова; под ред. С.Д. Кузнецова. – М.: Янус-К, 2004. – 656 с.
6. ОСТ 115.1.8-96. Информационная технология. Сертификация информационного обеспечения автоматизированных систем. Номенклатура показателей качества баз данных автоматизированных систем. – М.: Издательство стандартов, 1996.
7. Липаев В.В. Надежность программных средств. Серия «Информатизация России на пороге XXI века». – М.: СИНТЕГ, 1998. – 232 с.

Тараканов Олег Викторович

Академия ФСО России, г. Орел

Кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой информатики и вычислительной техники

O.V. TARAKANOV (*Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor,
Head of the Department of Computer Science and Computer Engineering*)
Academy of Federal Agency of protection of the Russian Federation, Orel

BINDING SEMANTIC PRINCIPLE OF THE ESSENCE IN INFOLOGICAL MODEL DATABASES

An approach to solving the problem of designing links between database tables. We propose a method of specifying the semantics of relations on the basis of the interaction of real world objects. Applied to the apparatus of the propositional calculus of first order to a rationale of links. Shows the way to independence on the type of data model and database design methodology.

Keywords: *information and logical (conceptual) model of database, relationship, relation (entity), semantic characteristic of relationship, meaningful statement, the function of the truth of statements, keyword relationship (verb phrase), links abstract objects, processes, and phenomena of the real world.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Konnoli T. Bazy' danny'x: proektirovanie, realizaciya i soprovozhdenie. Teoriya i praktika: uch. pos. / T. Konnoli, K. Begg, A. Strachan. – 2-e izd.: per. s angl. – M.: Izdatel'skij dom «Vil'yams», 2000. – 1120 s.
2. Garsia-Molina G. Sistemy' baz danny'x. Polny'j kurs: per. s angl. – M.: Izdatel'skij dom «Vil'yams», 2003. – 1088 s.
3. Codd E.F. Extending of Relational Database to Capture More Mining. ACM Trans. on Database Systems. – V. 4. – № 4 (December 1979) – P. 397-434. Russkij perevod: Kodd E'.F. Rasshirenie relyacionnoj modeli dlya luchshego otrazheniya semantiki // SUBD, 1996. – № 5-6. – S. 163-192.
4. Dejt K. vvedenie v sistemy' baz danny'x. – 8-e izd.: per. s angl. – M.: Izdatel'skij dom «Vil'yams», 2006. – 1328 s.
5. Dejt K.Dzh., Darven X. Osnovy' budushhix sistem baz danny'x. Tretij manifest. – 2-e izd.: per. s angl. S.D. Kuznecov, T.A. Kuznecova; pod red. S.D. Kuznecova. – M.: Yanus-K, 2004. – 656 s.
6. OST 115.1.8-96. Informacionnaya texnologiya. Serifikaciya informacionngo obespecheniya avtomatizirovanny'x sistem. Nomenklatura pokazatelej kachestva baz danny'x avtomatizirovanny'x sistem. – M.: Izdatel'stvo standartov, 1996.
7. Lipaev V.V. Nadyozhnost' programmny'x sredstv. Seriya «Informatizaciya Rossii na poroge XXI veka». – M.: SINTEG, 1998. – 232 s.

ЭВОЛЮЦИОННЫЙ МЕТОД КЛАССИФИКАЦИИ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Предлагается метод классификации биологических объектов, основанный на эволюционном подходе к решению экстремальной задачи функции многих переменных. Метод базируется на ранжировании объектов в многомерном признаковом пространстве. Метод реализован с помощью модифицированного генетического алгоритма, не требует снижения размерности признакового пространства и восстановления пропущенных значений, позволяет построить иерархический класс алгоритмов, моделирующий получение решающей классификационной процедуры, и изначально ориентирован на использование параллельных вычислений. Представлены результаты численного эксперимента, которые показали высокую эффективность предложенного метода.

Ключевые слова: обработка данных; геномная информация; классификация; ранжирование; базовый элемент.

ВВЕДЕНИЕ

Типичной задачей, которую необходимо решать в процессе разработки новых биологически активных веществ и методов диагностики, является классификация (распознавание) объектов по результатам анализа геномной информации. Исходная геномная информация представляет собой таблицу экспериментальных данных с набором входных параметров биологических объектов и целевым выходным параметром, определяющим принадлежность объекта к одному из классов. Следует отметить, что характерной особенностью геномных данных является высокая размерность пространства признаков, которая существенно превышает объем выборки биологических объектов.

В настоящее время известно большое количество разнообразных методов классификации [1-7], эффективность которых существенно зависит от специфики предметной области, в которой эта задача сформулирована, и особенностей исходной информации. Анализ существующих методов показал, что их использование для классификации объектов по геномной информации требует или предварительного снижения размерности пространства признаков, или же фактическое снижение размерности происходит уже в процессе формирования классифицирующего правила. Специфика геномной информации (перекрещивающиеся гены, рекомбинация генов и др.) делает снижение размерности признакового пространства принципиально недопустимым, так как это может привести к потере значимой информации о неизвестных взаимных связях между генами, что чрезвычайно важно при создании новых методов диагностики и лекарственных средств. Поэтому разработка методов классификации по геномной информации с учетом ее особенностей является актуальной задачей, требующей дальнейшего развития.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В общем случае вся совокупность биологических объектов делится на несколько классов, но в большинстве случаев на основе стратегии «один против всех» [8] классификация может быть сведена к последовательному решению задач с двумя классами. Поэтому в дальнейшем будем рассматривать задачу классификации только для двух классов.

Пусть имеется конечное множество объектов:

$$S = \{s_1, s_2, \dots, s_i, \dots, s_n, s_{n+1}, s_{n+2}, \dots, s_{n+m}\}.$$

Это множество разделено на два непересекающихся подмножества (класса) K_0 и K_1 :

$$K_0 = \{s_1, s_2, \dots, s_n\},$$

$$K_1 = \{s_{n+1}, s_{n+2}, \dots, s_{n+m}\},$$

где n – количество объектов класса K_0 ;

m – количество объектов класса K_1 ;

$n + m = N$ – общее количество объектов множества S .

Каждый объект множества описывается набором параметров (объекты – точки p -мерного пространства)%

$$s_i = \{X_i, y_i\}, \quad i = 1, \dots, n + m.$$

$$X_i = (x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_p), \quad j = 1, \dots, p,$$

$$y_i = \begin{cases} 0, & \text{если } s_i \in K_0, \\ 1, & \text{если } s_i \in K_1, \end{cases}$$

где X_i – вектор входных параметров объекта;

y_i – классифицирующий целевой параметр, определяющий принадлежность объекта к одному из классов.

Параметры вектора X_i могут принимать значения из некоторого множества допустимых значений действительных чисел. Значения отдельных параметров x_j для некоторых объектов s_i могут быть не определены, т.е. таблица данных имеет пропущенные значения. Размерность признакового пространства R^p существенно больше объема выборки, т.е. $p \gg N$.

Требуется, не снижая размерность признаков, предложить метод, позволяющий с приемлемой точностью классифицировать объект q , заданный вектором $X_q = (x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_p)$.

МЕТОД КЛАССИФИКАЦИИ НА ОСНОВЕ РАНЖИРОВАНИЯ

Рассматриваемая задача классификации является плохо формализованной в силу того, что вся информация об объектах представлена лишь набором входных и выходных параметров, о которых нельзя хоть сколько-нибудь определенно сказать, что они полны, непротиворечивы и не искажены. В такой ситуации наиболее эффективными становятся методы [9-11], базирующиеся на эволюционном подходе к решению экстремальных задач функции многих переменных, которые в отличие от традиционных методов поиска оптимального решения ориентированы на получение приемлемого решения, лучшего по сравнению с полученным ранее или заданным в качестве начального.

Для решения сформулированной задачи предлагается метод, основанный на предположении, что в многомерном признаковом пространстве R^p существует некоторый базовый элемент, относительно которого формируется ранжированная последовательность объектов, сепарирующая обучающую выборку на два класса. Метод реализует двойное ранжирование объектов относительно базового элемента: упорядочение объектов по классам и упорядочение объектов по возрастанию расстояния от базового элемента внутри классов. Тогда принадлежность объекта q к одному из классов определяется рангом t_q классифицируемого объекта в упорядоченном ряду объектов обучающей выборки. Предполагается, что базовым элементом могут быть такие объекты многомерного пространства, как точка, плоскость, прямая или ломаная линия. При выборе базового элемента рассматриваются два варианта упорядочения классов в формируемой последовательности объектов: класс K_0 предшествует классу K_1 или класс K_1 предшествует классу K_0 .

Поиск решения предлагается проводить с использованием эволюционного подхода, реализуемого с помощью генетического алгоритма, который представляет собой итерационный вероятностный эвристический алгоритм поиска, особенностью которого является одновременное использование множества точек поиска (популяции) из пространства потенциальных решений. Поиск базового элемента при заданном типе его представления в пространстве R^p и выбранном варианте упорядочения классов в формируемой последовательности объектов является, по сути, самостоятельной задачей. Это позволяет достаточно легко организовать параллельную реализацию алгоритма обучения, что дает возможность оптимизировать вычислительные ресурсы и существенно сократить время поиска решения.

Введем некоторые обозначения. Обозначим базовый элемент через X^* :

$$X^* = f(X_1^*, \dots, X_l^*, \dots, X_l^*), \quad i = 1, \dots, l$$

где $X_i^* = (x_{i1}^*, x_{i2}^*, \dots, x_{ij}^*, \dots, x_{ip}^*)$ – i –тый вектор параметров базового элемента;
 l – количество векторов X_i^* , определяющих базовый элемент в пространстве R^p .

Следует отметить, что при $i = 1$ базовый элемент является точкой или плоскостью, заданной параметрически; при $i = 2$ – отрезком; при $i = 3$ – ломаной из 2 –х отрезков; при $i = l$ – ломаной из $(l - 1)$ отрезков.

Порядок следования классов в формируемой последовательности объектов обозначим через L :

$$L = \begin{cases} L_0, & \text{если } K_0 < K_1 \\ L_1, & \text{если } K_1 < K_0 \end{cases}$$

Рассмотрим одну из возможных формализаций. Для определенности примем, что базовый элемент $\mathbf{X}^* = f(X_1^*)$ – гиперплоскость, а порядок следования классов – $L = L_0$. Процесс классификации объекта q включает в себя два основных этапа: этап обучения и этап распознавания. Задача обучения состоит в подборе базового элемента, относительно которого формируется ранжированная последовательность объектов, разделенных на два класса с приемлемой погрешностью. В качестве оценки качества разделения объектов на классы примем минимаксный критерий вида

$$I(\mathbf{X}^*) = \min_{\mathbf{X}^*} \{ \max(f_1, f_2) \}, j = 1, 2, \dots, r, \quad (1)$$

где f_1, f_2 – оценки погрешности классификации объектов по классу K_0 и классу K_1 ; ;
 r – количество рассмотренных вариантов решения (базовых элементов).

Использование минимаксного критерия $I(\mathbf{X}^*)$ соответствует позиции крайней осторожности при неоднозначном выборе альтернатив оценки погрешности классификации. Поиск экстремального значения критерия (1) будем проводить с помощью модифицированного генетического алгоритма. Принципиальным является то, что в качестве исходной популяции рассматриваются сами объекты обучающей выборки. Размер популяции фиксирован и равен объему обучающей выборки. Каждое возможное решение представлено строкой (хромосомой), которая представляет собой массив из p действительных чисел $(x_{11}^*, x_{12}^*, \dots, x_{1j}^*, \dots, x_{1p}^*)$, где каждый элемент хромосомы – ген имеет ограничения $0 \leq x_{1j}^* \leq 1$, обусловленные нормировкой значений параметров. Селекция хромосом производится детерминированным способом с использованием элитарной стратегии и частичной замены наименее приспособленных хромосом на наиболее приспособленные хромосомы при сохранении размера популяции. Скрещивание хромосом выполняется случайно с вероятностью P_c . Точка скрещивания разыгрывается случайно по равномерному закону в заданном интервале. Процедура мутации выполняется на популяции потомков, образованных в результате скрещивания, и заключается в изменении значения гена в хромосоме случайным выбором числа из интервала $[0, 1]$ с вероятностью P_m . Степень приспособленности каждой хромосомы в популяции оценивается с помощью функции приспособленности, которая является аналогом целевой функции:

$$F = \max(f_1, f_2). \quad (2)$$

Чем меньше значение этой функции, тем выше «качество» хромосомы. В результате процесса искусственной эволюции, включающего селекцию, скрещивание и мутацию хромосом, качество решений в популяции постепенно улучшается. Завершение работы генетического алгоритма выполняется после достижения функцией F ожидаемого значения либо тогда, когда выполнение заданного количества итераций (поколений) не приводит к улучшению уже достигнутого значения F , либо по истечении заданного промежутка времени, отведенного на решение задачи. Преждевременный останов работы генетического алгоритма может произойти в случае вырождения популяции. Под вырождением понимается сокращение разнообразия хромосом, крайним проявлением вырождения является состояние популяции, в которой все её члены имеют идентичные хромосомы.

Алгоритм вычисления функции приспособленности (2) каждой хромосомы заключается в следующем. Вычислим расстояние между базовым элементом $\mathbf{X}^*$ и i –тым объектом выборки, и обозначим ее через $\rho_i = \rho(\mathbf{X}^*, X_i)$, $i = 1, \dots, n + m$. Формула для

вычисления расстояния ρ_i зависит от типа базового элемента в пространстве R^p и в рассматриваемом случае, когда базовый элемент – гиперплоскость, ρ_i имеет вид:

$$\rho_i = \rho(X_1^*, X_i) = \left| \sum_{j=1}^p \left(\frac{x_{ij}}{x_{1j}^*} \right) - 1 \right| / \sqrt{\sum_{j=1}^p \left(\frac{1}{x_{1j}^*} \right)^2}.$$

Проведем ранжирование элементов выборки S по возрастанию расстояния ρ_i от базового элемента (считая, что $s_i \leq s_{i+1}$, если $\rho_i \leq \rho_{i+1}$)

$$\rho_1 \leq \rho_2 \leq \dots \leq \rho_i \leq \dots \leq \rho_n \leq \rho_{n+1} \leq \dots \leq \rho_{n+m}. \quad (3)$$

Будем интерпретировать величины ρ_i в последовательности (3) как ранги объектов $t_i = t(\rho_i)$, задающие упорядочение объектов по расстоянию, обозначим эту ранговую последовательность так:

$$T = (t_1, t_2, \dots, t_i, \dots, t_n, t_{n+1}, \dots, t_{n+m}), i = 1, \dots, n + m. \quad (4)$$

Идентифицируя каждый объект, входящий в обучающую выборку S , по его рангу t_i , сформируем в соответствии с последовательностью (4) вектор Y , элементами которого являются значения классифицирующего параметра y_i объектов выборки S :

$$Y = (y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_n, y_{n+1}, \dots, y_{n+m}), i = 1, \dots, n + m.$$

В качестве границы между классами в сформированной ранжированной последовательности T будем рассматривать элемент с индексом t_n , ранг которого равен количеству объектов класса K_0 . Тогда с учетом выбранного порядка следования классов ($L = L_0$) слева от объекта с рангом t_n должны располагаться объекты класса K_0 , а справа – объекты класса K_1 .

Для определения целевой функции (2) вычислим оценки f_1 и f_2 , характеризующие погрешности классификации объектов по классу K_0 и по классу K_1 . Обозначим K_0^- – подмножество объектов класса K_0 , ошибочно отнесенных к классу K_1 , а K_1^- – подмножество объектов класса K_1 , ошибочно отнесенных к классу K_0 . Представим f_1 и f_2 в виде суммы двух слагаемых:

$$\begin{aligned} f_1 &= f_1(\mathbf{X}^*, T) = \gamma_1(K_1^-) + \gamma_2(K_1^-), \\ f_2 &= f_2(\mathbf{X}^*, T) = \gamma_1(K_0^-) + \gamma_2(K_0^-), \end{aligned}$$

где $\gamma_1(K_1^-)$ и $\gamma_1(K_0^-)$ – оценки, определяющие количество неправильно классифицируемых объектов на интервалах $[t_1, t_n]$ и $[t_{n+1}, t_{n+m}]$;

$\gamma_2(K_1^-)$ и $\gamma_2(K_0^-)$ – суммарные оценки, учитывающие положение неправильно классифицируемых объектов на интервалах $[t_1, t_n]$ и $[t_{n+1}, t_{n+m}]$.

$$\begin{aligned} \gamma_1(K_1^-) &= \sum_{i=t_1}^{t_n} [y_i(t_i) \neq 0], t_i \in [t_1, t_n] \\ \gamma_2(K_1^-) &= \sum_{s_i \in K_1^-} w(t_i), t_i \in [t_1, t_n], \end{aligned}$$

и аналогично

$$\begin{aligned} \gamma_1(K_0^-) &= \sum_{i=t_{n+1}}^{t_{n+m}} [y_i(t_i) \neq 1], t_i \in [t_{n+1}, t_{n+m}], \\ \gamma_2(K_0^-) &= \sum_{s_i \in K_0^-} w(t_i), t_i \in [t_{n+1}, t_{n+m}], \end{aligned}$$

где $w(t_i)$ – весовой коэффициент неправильно классифицируемого объекта с рангом t_i , зависящий от расположения этого объекта относительно границы между классами t_n и от количества объектов класса, куда он ошибочно был отнесен:

$$w(t_i) = \begin{cases} \frac{|t_n - t_i|}{t_n}, & \text{если } t_i \in [t_1, t_n], \\ \frac{|t_n - t_i|}{(t_{n+m} - t_n)}, & \text{если } t_i \in [t_{n+1}, t_{n+m}]. \end{cases}$$

После оценки по формуле (2) качества каждой хромосомы в популяции и выбора лучшей из них, принимается решение о продолжении эволюционной процедуры генерации следующего поколения, либо о завершении процедуры обучения.

Принадлежность классифицируемого объекта q с известными значениями входных параметров $X_q = (x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_p)$ к одному из классов определяется с помощью решающей классификационной процедуры, в которой участвуют все объекты обучающей выборки. Относительно базового элемента, найденного на этапе обучения, формируется ранжированная по расстоянию последовательность объектов обучающей выборки и объекта q , а затем определяется ранг t_q классифицируемого объекта q в этом упорядоченном ряду. Решение о принадлежности объекта q классу принимается, исходя из условия:

$$q \in \begin{cases} K_0, & \text{если } t_q \leq t_n \\ K_1, & \text{если } t_q > t_n \end{cases}.$$

Степень принадлежности $\eta(t_q)$ объекта q к какому-либо классу определяется по формуле

$$\eta(t_q) = \begin{cases} 1 - \frac{t_q}{t_n}, & \text{если } q \in K_0 \\ \frac{t_q - t_n}{t_{n+m} - t_n}, & \text{если } q \in K_1 \end{cases}.$$

ЧИСЛЕННЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ

Для реализации предложенного метода был разработан программный комплекс, в состав которого входят: база данных, пакет программных модулей, пользовательский интерфейс. Программные модули реализованы в среде объектно-ориентированного языка программирования C++Builder.

С помощью программного комплекса для проверки работоспособности и эффективности предлагаемого метода был проведен численный эксперимент с использованием реальных экспериментальных данных об уровне экспрессии генов атлантического лосося. В качестве обучающей выборки рассматривалась выборка из 100 рыб. Каждая рыба описывалась вектором числовых параметров, которые являлись результатами инструментальных измерений уровня экспрессии различных генов у атлантического лосося. Размерность вектора параметров составляла 967. Обучающая выборка была разделена на классы K_0 и K_1 . Класс K_0 включал 50 рыб, зараженных инфекционным лососевым вирусом анемии, а класс K_1 – 50 рыб, незараженных этим вирусом.

Численный эксперимент проводился при следующих основных параметрах генетического алгоритма:

- размер популяции $N = 100$;
- вероятность скрещивания $P_c = 0,99$;
- вероятность мутации $P_m = 0,001$;
- количество элитарных хромосом – 1;
- количество наименее приспособленных хромосом, которые подвергались замене в популяции на наиболее приспособленные хромосомы – 1.

Итерационный процесс генетического алгоритма завершался, если лучшее значение целевой функции не изменялось после смены 250 поколений. Предусмотрена возможность прерывать выполнение работы алгоритма в произвольный момент времени с последующим возобновлением его работы с точки прерывания.

Некоторые результаты, полученные для базового элемента в виде гиперплоскости, и варианта упорядочения классов в формируемой последовательности объектов L_1 показаны на рисунках 1-3. На рисунке 1 приведен график, демонстрирующий эволюцию процесса обучения, т.е. изменение «наилучших» значений функции приспособленности при последовательной смене поколений.

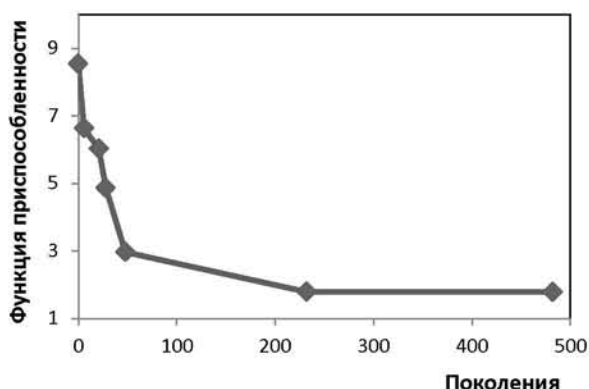


Рисунок 1 – Динамика изменения «наилучших» значений функции приспособленности при последовательной смене поколений

Из графика видно, что наилучшее решение дает хромосома, для которой значение функции приспособленности $F = 1,78$. Это решение получено на 232 итерации, и при дальнейшем увеличении итераций значение F оставалось неизменным.

На рисунке 2 приведена гистограмма распределения объектов обучающей выборки по расстоянию от базового элемента, найденного с помощью предлагаемого метода классификации. Объекты класса K_1 показаны над осью абсцисс, а объекты класса K_0 – под этой осью.

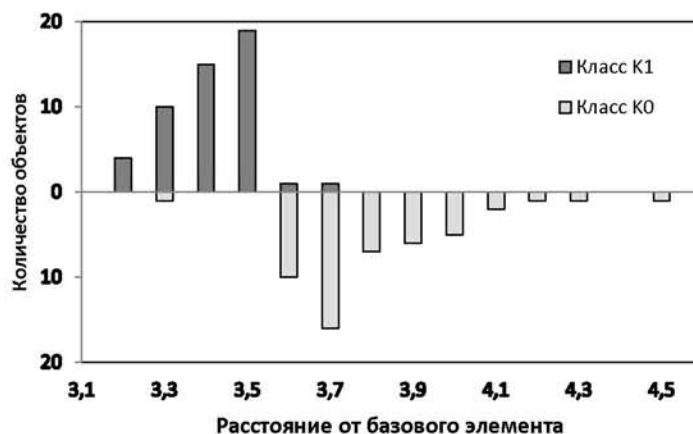


Рисунок 2 – Гистограмма распределения объектов двух классов по расстоянию от базового элемента

На рисунке 3 представлена ранговая последовательность этих объектов, сформированная относительно базового элемента.

Как видно из рисунков 2 и 3, последовательность объектов, ранжированная по возрастанию расстояния относительно базового элемента, найденного в процессе поиска, разделяется на два класса с минимальной погрешностью.

Была проведена оценка эффективности метода на контрольной выборке из 10 объектов, не входивших в обучающую выборку. В контрольную выборку были включены по пять объектов каждого класса. Все контрольные объекты были классифицированы правильно. Таким образом, можно полагать, что предложенный метод классификации, основанный на ранжировании объектов относительно базового элемента, эффективен при решении задач

классификации объектов с высокой размерностью признакового пространства без проведения предварительного снижения размерности.

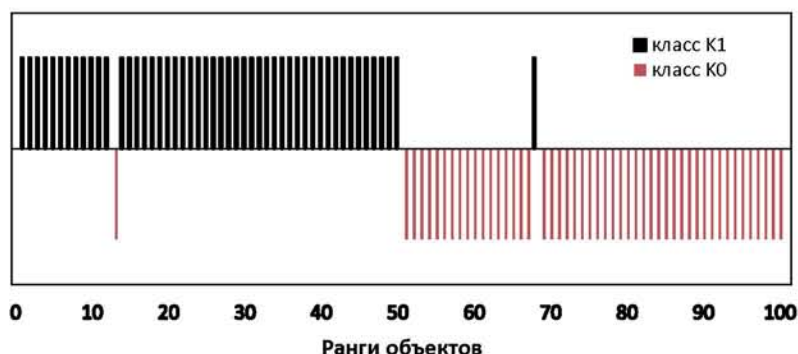


Рисунок 3 – Ранговая последовательность объектов обучающей выборки относительно базового элемента

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе предложен эволюционный метод классификации, основанный на ранжировании объектов в многомерном пространстве относительно базового элемента, поиск которого осуществляется с помощью модифицированного генетического алгоритма. Метод ориентирован на обработку многомерных массивов информации, особенностями которой являются высокая размерность признакового пространства и малый объем выборки объектов. Предлагаемый метод классификации позволяет не проводить предварительного снижения размерности признакового пространства, что, в свою очередь, позволяет исключить потерю значимой информации и учесть внутренние связи в рассматриваемых информационных массивах.

Метод обеспечивает построение иерархического класса алгоритмов, моделирующих получение решающей классификационной процедуры, используя различные типы представления базового элемента в многомерном пространстве и различные варианты упорядочения классов в формируемой ранжированной последовательности объектов. Метод изначально ориентирован на использование параллельных вычислений, что позволяет оптимизировать вычислительные ресурсы и существенно сократить время поиска решения. Расчетные исследования показали высокую эффективность предложенного метода.

Следует отметить, что разработанный метод классификации не требует восстановления пропущенных значений признаков, выполнения гипотез компактности и может также работать с пересекающимися классами объектов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айвазян С.А., Бухштабер В.М., Енюков И.С., Мешалкин Л.Д. Прикладная статистика: классификация и снижение размерности. – М.: Финансы и статистика, 1989. – 607 с.
2. Айзерман М.А., Браверманн Э.М., Розоноэр Л.И. Метод потенциальных функций в теории обучения машин. – М.: Наука, 1970. – 384 с.
3. Вапник В.Н., Червоненкис А.Я. Теория распознавания образов (статистические проблемы обучения). – М.: Наука, 1974. – 415 с.
4. Журавлев Ю.И. Избранные научные труды. – М.: Издательство Магистр, 1998. – 420 с.
5. Загоруйко Н.Г. Прикладные методы анализа данных и знаний. – Новосибирск: Изд-во ин-та математики, 1999. – 270 с.
6. Мазуров В.Д. Метод комитетов в задачах оптимизации и классификации. – М.: Наука, 1990. – 248 с.
7. Растринин Л.А., Эренштейн Р.Х. Метод коллективного распознавания. – М.: Энергоиздат, 1981. – 80 с.
8. Rifkin R., Klautau A. In Defense of One-Vs-All Classification // The Journal of Machine Learning Research, 2004. – P. 101-141.

9. Freitas A.A. Data Mining and Knowledge Discovery with Evolutionary Algorithms. – Berlin etc.: Springer, 2002. – 279 p.
10. Емельянов В.В., Курейчик В.В., Курейчик В.М. Теория и практика эволюционного моделирования. Научное издание. – М.: Физматлит, 2003. – 432 с.
11. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. – М.: Горячая линия, 2008. – 452 с.

Цыганкова Ирина Александровна

Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН, г. Санкт-Петербург

Кандидат технических наук, старший научный сотрудник

E-mail: pallada-ltd@infopro.spb.su

I.A. TSYGANKOVA (*Candidate of Engineering Sciences, Senior Researcher*)

St. Petersburg Institute for Informatics and Automation of RAS

EVOLUTIONARY METHOD OF CLASSIFICATION OF BIOLOGICAL OBJECTS

Method of classification of biological objects is suggested which is based on the evolutionary approach to the solution of the extremal problem of multivariable function. Method is based on a ranking of objects in the multidimensional variable space. Method is implemented with the help of modified genetic algorithm, does not require to reduce the dimensionality of the attribute space and to restore the missed values. It allows creating the hierarchic class of algorithms, which model the obtaining of the decision classification function. Originally it is oriented at the use of parallel computing. The results of a numerical experiment are presented. They demonstrated a high efficiency of the suggested method.

Keywords: data processing; genomic information; classification; rankings; basic element.

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Ajvazyan S.A., Buxhtaber V.M., Enyukov I.S., Meshalkin L.D. Prikladnaya statistika: klassifikatsiya i snizhenie razmernosti. – М.: Finansy' i statistika, 1989. – 607 s.
2. Ajzerman M.A., Bravermann E'.M., Rozonoe'r L.I. Metod potentsial'ny'x funktsij v teorii obucheniya mashin. – М.: Nauka, 1970. – 384 s.
3. Vapnik V.N., Chervonenkis A.Ya. Teoriya raspoznavaniya obrazov (statisticheskie problemy' obucheniya). – М.: Nauka, 1974. – 415 s.
4. Zhuravlyov Yu.I. Izbranny'e nauchny'e trudy'. – М.: Izdatel'stvo Magistr, 1998. – 420 s.
5. Zagorujko N.G. Prikladny'e metody' analiza danny'x i znaniy. – Novosibirsk: Izd-vo in-ta matematiki, 1999. – 270 s.
6. Mazurov V.D. Metod komitetov v zadachax optimizatsii i klassifikatsii. – М.: Nauka, 1990. – 248 s.
7. Rastrigin L.A., E'renshtejn R.X. Metod kollektivnogo raspoznavaniya. – М.: E'nergoizdat, 1981. – 80 s.
8. Rifkin R., Klautau A. In Defense of One-Vs-All Classification // The Journal of Machine Learning Research, 2004. – P. 101-141.
9. Freitas A.A. Data Mining and Knowledge Discovery with Evolutionary Algorithms. – Berlin etc.: Springer, 2002. – 279 p.
10. Emel'yanov V.V., Kurejchik V.V., Kurejchik V.M. Teoriya i praktika e'volyucionnogo modelirovaniya. Nauchnoe izdanie. – М.: Fizmatlit, 2003. – 432 s.
11. Rutkovskaya D., Pilin'skij M., Rutkovskij L. Nejronny'e seti, geneticheskie algoritmy' i nechyotkie sistemy'. – М.: Goryachaya liniya, 2008. – 452 s.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ
И ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

УДК 004.78

А.В. БОЯРШИНОВ, С.Ю. ПЛОСКОВ, В.А. СТАРЫХ

**ПРОГРАММНАЯ ИНТЕГРАЦИЯ СОВРЕМЕННЫХ МОБИЛЬНЫХ СРЕДСТВ
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ НА ОСНОВЕ СВОБОДНОГО ПРОГРАММНОГО
ОБЕСПЕЧЕНИЯ – ДЛЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ**

Реализация работ по переходу на использование свободного программного обеспечения определяет необходимость разработки новых и постоянного обновления существующих методических материалов, технических требований, технологий, стандартов по использованию свободного программного обеспечения (СПО) в науке и образовании. В статье рассматриваются основные результаты проекта по созданию специализированного программного комплекса для интеграции современных мобильных средств вычислительной техники (нетбуков, планшетов, электронных книг и т.п.) учащихся и рабочего места преподавателя общеобразовательных учреждений на основе свободного программного обеспечения. Данная разработка, выполненная впервые для отечественной сферы образования, обеспечивает преемственность и совместимость по протоколам и форматам с комплектом ПСПО, созданным в 2007-2008 годах, а также обеспечивает потребности учебных заведений в системном, прикладном и учебном ПО с нулевой стоимостью лицензий, работающем как на современных мобильных средствах, так и на уже используемых вычислительных средствах.

***Ключевые слова:** свободное программное обеспечение; мобильное средство вычислительной техники; образовательное учреждение; данные; обмен; синхронизация; интеграция.*

Распоряжением Правительства Российской Федерации № 1447-р от 18 октября 2007 года «Об обеспечении использования в установленном порядке федеральными государственными образовательными учреждениями, государственными образовательными учреждениями субъектов РФ и муниципальными образовательными учреждениями, реализующими общеобразовательные программы начального общего, основного общего и среднего (полного) общего образования программ для ЭВМ при осуществлении процесса обучения», определен стандартный (базовый) пакет программного обеспечения (СБПО), представляющий собой перечень функциональных категорий программных продуктов, используемых в образовательных учреждениях Российской Федерации, реализующих общеобразовательные программы начального общего, основного общего и среднего (полного) общего образования.

Анализ процессов использования программного обеспечения, в частности, определение баланса между проприетарным и СПО в образовательной сфере, свидетельствует о том, что процентное соотношение применяемых программных инструментов и технологий в дальнейшем будет все более и более смещаться в сторону свободного программного обеспечения. Такая тенденция требует в настоящее время реализации целого комплекса работ по системному переходу на использование свободного программного обеспечения реализации конкретных разработок новых и постоянного обновления существующих методических материалов, технических требований, методологий, стандартов по использованию СПО в науке и образовании.

В настоящее время в рамках мероприятий федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2013 годы» федеральное государственное автономное учреждение «Государственный научно-исследовательский институт информационных технологий и телекоммуникаций» и ООО «Альт Линукс» завершают совместные работы (ГК № 07.524.11.4001 от 05.08.2011) по созданию специализированного программного комплекса (СИПК) для интеграции современных мобильных средств вычислительной техники (нетбуков, планшетов, электронных книг и т.п.) учащихся и

рабочего места преподавателя общеобразовательных учреждений [1]. Этот проект является логическим продолжением работ по разработке и внедрению в школах РФ специализированного комплекта ПО, включающего в себя дистрибутивы операционной системы ALT Linux, содержащие стандартный набор офисных программ и все необходимые программы для подготовки уроков и обучения информатике, включая значительный набор программ по математике, физике, черчению, астрономии и другим предметам.

Разработанный программный комплекс предназначен для реализации активно-деятельностных форм обучения в рамках учебного процесса образовательных учреждений общего образования посредством обеспечения беспроводного сетевого взаимодействия как обычных персональных компьютеров на платформе x86, так мобильных компьютерных платформ типа «нетбук» и «электронный планшет».

Структурно СИПК состоит из трех основных взаимосвязанных частей:

- модули для мобильных средств вычислительной техники, мобильных компьютеров типа нетбуков и планшетов (ММК), разработанные на основе операционной системы ALT Linux и электронных книг (МЭК), разработанные на основе свободно распространяемой операционной системы Android с включением дополнительного программного обеспечения (ДПО) для обеспечения работы учащегося и взаимодействия с рабочим местом преподавателя.

- рабочее место преподавателя (РМП), предназначенное для управления образовательным процессом и обеспечения взаимодействия с ММК;

- модули синхронизации и обмена данными (МСОД), обеспечивающие централизованную аутентификацию, синхронизацию данных, работу дополнительных образовательных сервисов (система управления обучением Moodle, локальная wiki), фильтрацию контента, централизованное обновление программного обеспечения на мобильных средствах вычислительной техники, повторную установку (при необходимости) системного и прикладного программного обеспечения. Модули синхронизации, разработанные для этого проекта, лицензированы по GNU GPL, что позволит бесплатно использовать их на неограниченном количестве рабочих мест.

МСОД состоит из следующих компонентов:

- сервер централизованной аутентификации;
- модули синхронизации и обмена данными;
- сервер резервного копирования;
- сервер автоматического обновления ПО.

Сервер резервного копирования и сервер автоматического обновления ПО взаимодействуют с другими компонентами только в рамках своих узких функций и только однонаправленно. Сервер резервного копирования производит резервное копирование данных, относящихся как к операционной системе, так и к другим компонентам МСОД. Сервер автоматического обновления обновляет, в том числе, и ПО, входящее в остальные компоненты.

Взаимодействие между модулями синхронизации и обмена данными и сервером централизованной аутентификации является более интенсивным, так как все элементы ПО, занимающиеся синхронизацией и обменом данными, используют при взаимодействии с пользователями сервер централизованной аутентификации. Сервер централизованной аутентификации не включён в состав модулей синхронизации, так как он используется также для аутентификации пользователей ММК на уровне операционной системы.

Программные модули ММК и МЭК обеспечивают поддержку следующих функциональных возможностей (табл. 1, 2). Их окончательный выбор, включая изменения в исходных текстах, перекомпиляцию и сборку соответствующих программных модулей, выполнен в соответствии с требованиями технического задания на проектирование на основе специально разработанных программы и методики испытаний.

Таблица 1 – Поддержка функциональных возможностей (ММК)

	Наименование ПО	Характеристики
1	ОС ALT Linux	Обеспечивает взаимодействие прикладного ПО с оборудованием, а также межпрограммное взаимодействие. Предоставляет графический интерфейс пользователя, включающий такие функции, как запуск прикладного ПО, управление файлами и т.п.
2	Текстовый процессор LibreOffice Writer	Обеспечивает создание и редактирование текстов на русском, английском и многих других языках с проверкой соблюдения соответствующих правил орфографии.
3	Редактор электронных таблиц LibreOffice Calc	Обеспечивает создание и редактирование электронных таблиц с возможностью математической обработки данных и создания их графического представления в виде диаграмм и графиков.
4	Редактор векторной графики Inkscape	Обеспечивает создание и редактирование графических образов и моделей, основанных на использовании геометрических примитивов, таких как точки, линии, сплайны, многоугольники, простых и градиентных цветовых заливок и т.п..
5	Редактор растровой графики Gimp	Обеспечивает создание и редактирование графических образов и моделей, представляющих собой сетку цветных точек.
6	Редактор мультимедийных презентаций LibreOffice Impress	Обеспечивает создание и редактирование мультимедийных презентаций, то есть сочетания текста, графики, анимации и звука в единой среде.
7	ПО трехмерного моделирования и рендеринга Blender	Обеспечивает создание трёхмерной компьютерной графики, включает в себя средства моделирования, анимации, рендеринга, постобработки видеозаписей.
8	Веб-браузер Mozilla Firefox	Обеспечивает навигацию в сети Интернет, взаимодействие с ПО, предоставляющим веб-интерфейс.
9	Почтовая программа Mozilla Thunderbird	Обеспечивает создание, отправку, получение, фильтрацию и просмотр сообщений электронной почты.
10	ПО просмотра графических образов	Обеспечивает просмотр графических изображений и элементарное манипулирование ими.
11	ПО архивирования и сжатия файлов FileRoller	Обеспечивает создание, модификацию и распаковку архивов разных форматов.
12	ПО электронного многоязычного словаря GoldenDict	Обеспечивает поиск словарных статей в различных словарях (как лингвистических, так и энциклопедических), в том числе для слов, написанных с ошибками.
13	ПО оптического распознавания документов OCR Feeder	Обеспечивает извлечение текста из отсканированных образов документов с частичным сохранением разметки.
14	ПО для редактирования блок-схем LibreOffice Draw	Обеспечивает создание и редактирование блок-схем различного назначения.
15	ПО для управления базами данных LibreOffice Base	Обеспечивает управление локальными базами данных и доступ к серверам баз данных, создание и редактирование запросов, форм и отчётов.
16	ПО для верстки и подготовки публикаций Scribus	Обеспечивает визуальную верстку одно- и многостраничных документов. Обеспечивает вывод для печати как на обычных печатающих устройствах, так и на типографском

		оборудовании.
17	ПО для обработки и монтажа аудиозаписей Audacity	Обеспечивает запись и редактирование аудио-записей с возможностью использования большого количества дорожек и использованием различных эффектов.
18	ПО для обработки и монтажа видеозаписей Kdenlive	Обеспечивает захват видео-изображения и монтаж фильмов с использованием различных эффектов.
19	ПО для создания и редактирования интернет-приложений Bluefish	Обеспечивает создание, редактирование веб-страниц и интерактивных веб-приложений на языках Javascript, PHP и т.п.
20	ПО для объектно-ориентированного программирования и создания приложений Gambas	Обеспечивает редактирование исходного кода, сборку командно-строчных и графических приложений на различных языках программирования.
21	Клиентская часть ПО для мониторинга iTALK	Обеспечивает преподавателю возможность мониторинга происходящего на ММК, предоставляет возможность вмешательства и временного блокирования ММК.

Таблица 2 – Поддержка функциональных возможностей (МЭК)

	Наименование ПО	Характеристики
1	ОС Android	Обеспечивает взаимодействие прикладного ПО с оборудованием, а также межпрограммное взаимодействие. Предоставляет графический интерфейс пользователя, включающий следующие функции: запуск прикладного ПО, управление файлами и т.п.
2	FBReader	Обеспечивает возможность чтения электронных книг в форматах fb2, ePub и т.п.
3	Adobe Reader	Обеспечивает возможность чтения документов в формате PDF.
4	OpenOffice Document Reader	Обеспечивает возможность чтения документов в форматах OpenOffice.Org/LibreOffice.

РМП обеспечивает поддержку следующих функциональных возможностей:

- объединение мобильных средств вычислительной техники учащихся и рабочего места преподавателя в виртуальную сеть посредством беспроводной связи типа Wi-Fi на базе международного стандарта IEEE 802.11;
- обеспечение преподавателя возможностью удаленного наблюдения и доступа к экранам мобильных средств вычислительной техники учащихся;
- обеспечение функции временной блокировки мобильных средств вычислительной техники учащихся со стороны рабочего места преподавателя;
- демонстрацию содержимого экрана рабочего места преподавателя, а также трансляцию мультимедийных материалов на мобильных средствах вычислительной техники учащихся;
- централизованное обновление программного обеспечения на мобильных средствах вычислительной техники учащихся.

Дополнительное программное обеспечение, используемое на рабочих местах преподавателей, представлено в таблице 3.

Таблица 3 – Дополнительное ПО на рабочих местах преподавателей

	Наименование ПО	Характеристики
1	Преподавательская часть	Обеспечивает преподавателю возможность мониторинга

	ПО для мониторинга iTALK	происходящего на ММК, предоставляет возможность вмешательства и временного блокирования ММК.
2	Система управления курсами Moodle	Развитая система удалённого обучения обеспечивает возможность представлять структурированную информацию, а также предоставляет различные возможности проверки знаний учащихся.
3	Антивирусное ПО ClamAV	Обеспечивает обнаружение и удаление компьютерных вирусов из почтовых сообщений.
4	Сервер централизованной аутентификации	Обеспечивает возможность аутентификации учащегося вне зависимости от его рабочего места.
5	Сервер резервного копирования Bacula	Обеспечивает возможность резервного копирования информации с ММК и РМП.
6	Сервер обновлений	Обеспечивает кэширование обновлений ПО для ММК и РМП.

АППАРАТНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИПК

Для работы СИПК необходимы аппаратные средства, перечисленные в таблице 4. При этом пункты 1, 2, 8 являются неизменной составляющей аппаратных требований, а прочие современные мобильные средства вычислительной техники (пункты 3-7 таблицы 4) могут варьироваться в каждом конкретном случае как с точки зрения модели, так и количественно.

Таблица 4 – Используемое аппаратное обеспечение

№	Тип оборудования	Модель	Состав
1	Стационарный компьютер (РМП)	-	Intel Pentium 4 631 HT, Asus P5RD2-VM, 2 ГБ ОЗУ, 160 ГБ ЖД, видеоадаптер ATI Radeon X300, GigabitEthernet
2	Стационарный компьютер (Сервер)	-	Intel Pentium 4 631 HT, Asus P5RD2-VM, 2 ГБ ОЗУ, 160 ГБ ЖД, видеоадаптер ATI Radeon X300, GigabitEthernet 1000 Мб/с
3	Нетбук	Aquarius Cmp NE410	Intel Atom N450 1.66 ГГц, 1 ГБ ОЗУ, wi-fi 802.11 b/g/n, 160 ГБ ЖД.
4	Нетбук	Aquarius Cmp NE410	Intel Atom N450 1.66 ГГц, 2 ГБ ОЗУ, wi-fi 802.11 b/g/n, 250 ГБ ЖД.
5	Нетбук	IRU School In 105	Intel Atom N455 1,66 ГГц, 2 ГБ ОЗУ, 320 ГБ ЖД, Wi-fi 802.11 b/g/n
6	Планшетный компьютер	IRU Tablet PC Pad Master	Intel Atom N450 1.66 ГГц, 1 ГБ ОЗУ, 32 ГБ SSD, 802.11 b/g/n
7	Розеточный компьютер (Plug PC)	Cirrus Plug Computer 3.0	2 ГГц ARM, 512 Мб ОЗУ, 512 Мб Flash, 120 Гб ЖД, Gigabit Ethernet, WLAN 802.11 g/b, USB 2.0, microUSB
8	Wi-fi маршрутизатор/коммутатор	Linksys WRT 54G2	1 порт WAN 10/100 Мб/с, 4 порта LAN 10/100 Мб/с, wi-fi 802.11 b/g

СТРУКТУРА ЭЛЕМЕНТОВ КОМПЛЕКСА СИПК

Центральным элементом структуры СИПК (рис. 1) является сервер МСОД, обеспечивающий централизованную аутентификацию, синхронизацию данных, работу дополнительных образовательных сервисов (MediaWiki, Moodle и OwnCloud), фильтрацию контента, централизованное обновление программного обеспечения на мобильных средствах

вычислительной техники, повторную установку (при необходимости системного и прикладного программного обеспечения на МСОД типа «нетбук»).

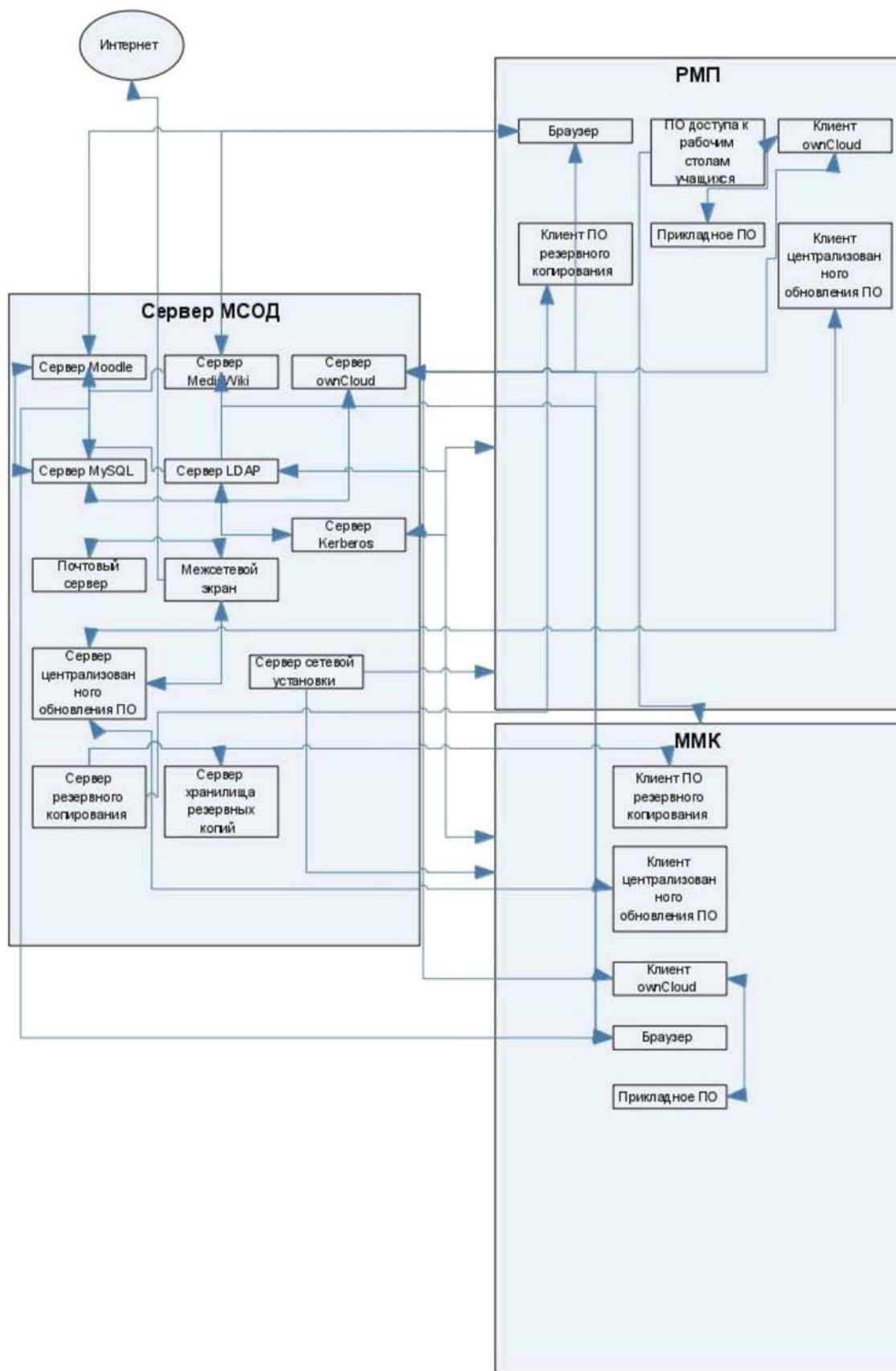


Рисунок 1 – Структура специализированного программного комплекса

Рабочее место преподавателя и средства вычислительной техники учащихся являются программными клиентами, в основном различающимися лишь графическими оболочками, реализация которых на мобильных платформах имеет свои особенности.

Рассматривая составные компоненты модулей, реализующие поставленные задачи, можно выделить следующие функциональные подсистемы:

- подсистема централизованной аутентификации;
- подсистема синхронизации файлов;
- подсистема управления учебным процессом;
- подсистема централизованного обновления программного обеспечения;
- подсистема обеспечения резервного копирования.

Подсистема централизованной аутентификации реализована на основе протокола сетевой идентификации и аутентификации Kerberos версии 5, распространяемой под свободной лицензией и позволяющей обеспечить аутентификацию при взаимодействии со множеством различных сервисов, таких, как доступ к сетевой файловой системе, к серверу синхронизации файлов, к веб-ресурсам МСОД и др.

Подсистема синхронизации служит для обеспечения прозрачной для пользователей доставки файлов и метаданных как в направлении преподаватель-ученик (задания, учебно-методические материалы) так и в направлении ученик-преподаватель (выполненные задания). Для передачи метаданных используется широко распространенный формат обмена данными JSON, позволяющий передавать, в том числе произвольные наборы пар «ключ-значение», что обеспечивает возможность легкого расширения набора передаваемых метаданных. Сервер синхронизации реализован на базе программного обеспечения OwnCloud, предоставляющего возможность работы по протоколу WebDAV. Этот сетевой протокол обеспечивает выполнение основных файловых операций над объектами на удаленном сервере. Подключиться к сервису можно из браузера и из других программ комплекса.

Подсистема управления обучением основана на широко известной технологической платформе Moodle (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment) [2], предназначенной для организации процесса обучения с использованием интернет-технологий. Данная подсистема управления обучением обеспечивает возможность представлять информацию различных видов структурированным образом, а также предоставляет различные возможности проверки знаний учащихся.

С точки зрения реализуемой функциональности, данный программный продукт построен в соответствии со стандартами информационных обучающих систем.

Учебные курсы, размещенные в системе Moodle, включают различные учебные материалы: аннотации курсов, ресурсы, задания, темы для обсуждений. В качестве ресурса выступают любые материалы для самостоятельного изучения, проведения исследования, обсуждения: текст, иллюстрация, веб-страница, аудио- или видеофайл и др. В систему встроен визуальный редактор, который позволяет преподавателю, даже не знающему языка разметки HTML, без затруднений создавать веб-страницы, включающие элементы форматирования, иллюстрации, таблицы.

Система обеспечивает коммуникационное взаимодействие участников образовательного процесса, реализуемое в форме форумов и чатов, а также обмена сообщениями, которые могут содержать задания обучающимся, решения заданий и комментарии. Система поддерживает обмен файлами любых форматов — как между преподавателем и учащимся, так и между учащимися. Сервис рассылки позволяет оперативно информировать всех участников курса или отдельные группы о текущих событиях.

Система установлена на платформу, поддерживающую PHP v.5.x в связке с СУБД MySQL v5.0 и выше и веб-сервером Apache 2.0 (все в совокупности это LAMP сервер).

Подсистема централизованного обновления программного обеспечения обеспечивает обновление системного и прикладного программного обеспечения на мобильных средствах

вычислительной техники типов «нетбук» и «планшет». Сервер МСОД загружает обновленные пакеты из репозитория ПО, размещает их на сетевом файловом хранилище и анонсирует сетевой адрес пакетов с обновлённым программным обеспечением для мобильных средства вычислительной техники по протоколу Zeroconf. Установка обновлений производится как полностью автоматически, так и под непосредственным контролем преподавателя (или системного администратора). Работу подсистемы резервного копирования обеспечивает ПО Bacula.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время проект находится на стадии завершения приёмочных испытаний - проведена апробация СИПК, разработанного на основе репозитория «Шестой платформы Альт Линукс (р6)» [3], включающего интегрированные решения для мобильных компьютеров, планшетов и серверов, и представляющего собой развитую технологическую платформу для разработки, тестирования, распространения, обновления и поддержки дистрибутивных решений, созданную и развиваемую в рамках проекта Sisyphus [4].

Новая отечественная разработка обеспечивает преемственность и совместимость по протоколам и форматам с комплектом ПСПО, созданным в рамках мероприятий ряда федеральных программ в 2007-2008 годах, обеспечивает потребности учебных заведений в системном, прикладном и учебном СПО с нулевой стоимостью лицензий и работает как на современных вычислительных средствах, так и на уже используемых.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кондауров В.В., Кузнецов В.В., Плосков С.Ю. Интеграция современных мобильных средств вычислительной техники учащихся общеобразовательных учреждений на основе свободного программного обеспечения // Журнал «Инновации», 2011. – № 12(158). – С. 111-116.
2. Система управления учебным процессом [Электронный ресурс]. – URL: <http://moodle.org/>.
3. Шестая платформа ALT Linux (р6) [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.altlinux.ru/products/6th-platform/>.
4. Репозиторий пакетов свободных программ ALT Linux Team [Электронный ресурс]. – URL: <http://sisyphus.ru/>.

Бояршинов Антон Викторович

ООО Альт Линукс, г. Москва

Ведущий инженер

Тел.: 8 (495) 662-38-83

E-mail: boyarsh@atlinux.ru

Плосков Сергей Юрьевич

ФГБОУ ВПО «Российский государственный университет инновационных технологий и предпринимательства», г. Москва

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные системы»

Тел.: 8 (499) 155-87-30, 8 (499) 155-83-11, доб. 1106

Старых Владимир Александрович

ФГАУ ГНИИ ИТТ «Информика», г. Москва

Кандидат технических наук, доцент, заместитель директора

Тел.: 8 (499) 155-87-28

E-mail: vstar@informika.ru

A.V. BOYARSHINOV (Candidate of Engineering Sciences,

Associate Professor, Deputy Director)

State Institute of Information Technologies and Telecommunications «Informika»

S.Yu. PLOSKOV (Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the department
«Information Systems»)

Russian State University for Innovation Technologies and Business

V.A. STARY'X (Chief Engineer)

ALT Linux Ltd, Moscow

PROGRAM INTEGRATION OF MODERN MOBILE COMPUTER'S AIDS ON THE BASIS OF OPEN SOURCE SOFTWARE – FOR EDUCATIONAL INSTITUTIONS

Realization of works on transition to use of the open source software defines necessity of working out new and constant updating of existing methodical materials, technical requirements, standards on use of the same in science and education. In article project substantive provisions on working out of a specialized program complex for integration of modern mobile computer aids (netbooks, tablets, electronic books, etc.) are considered. This program complex needed for pupils and a workplace of the teacher of educational institutions basis on the open source software. The given working out which is carried out for the first time for a russian education will allow to provide continuity and compatibility under reports and formats with complete set of open source software created in 2007-2008, to provide requirements of educational institutions in system, applied and educational software with zero cost of the licenses, working both on modern mobile means, and on computing means already used.

Keywords: open source software; mobile aid; educational institution; data; exchange; synchronization; integration.

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Kondaurov V.V., Kuznecov V.V., Ploskov S.Yu. Integraciya sovremenny'x mobil'ny'x sredstv vy'chislitel'noj texniki uchashhixsya obshheobrazovatel'ny'x uchrezhdenij na osnove svobodnogo programmnoho obespecheniya // Zhurnal «Innovacii», 2011. – № 12(158). – S. 111-116.
2. Sistema upravleniya uchebny'm processom [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://moodle.org/>.
3. Shestaya platforma ALT Linux (p6) [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.altlinux.ru/products/6th-platform/>.
4. Repozitorij paketov svobodny'x programm ALT Linux Team [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://sisyphus.ru/>.

УДК 004.891.3

И.А. КОЧЕТКОВА, В.М. ДОВГАЛЬ, В.М. НИКИТИН, Е.А. ЛИПУНОВА

**АЛГОРИТМ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ПАЦИЕНТА НА ОСНОВЕ
РАСПОЗНАВАНИЯ ЕГО ВИРТУАЛЬНОГО ОБРАЗА**

Приводится описание алгоритма построения многомерного виртуального образа состояния пациента, используемого для решения задачи распознавания нозологической формы его болезни на основе исследования топологии взаимного расположения и коллизий пересечения двумерных образов состояния путём k -кратного проецирования построенного многомерного образа на плоскость, совпадающую с плоскостью экрана многоцветного видеомонитора и с использованием нечетких множеств.

Ключевые слова: диагностика; алгоритм; геометрический метод распознавания образов; нечеткие множества; визуализация; проекция; многомерный виртуальный образ.

Медицина, в особенности диагностика, тесно связана с накоплением и обработкой информации. Соответственно, от качества методов работы с информацией зависит надежность диагностики и в дальнейшем эффективность лечения. В плане работы с информацией диагностика опирается на получение данных о текущем состоянии пациента и их интерпретацию.

В данной работе рассматривается алгоритм решения задачи компьютерной диагностики (рис. 1) на основе геометрического метода распознавания образов и применения теории нечетких множеств. Разработанный авторским коллективом алгоритм предполагает осуществление следующих основных процедур, необходимых для решения упомянутой задачи:

1. Формирование в N -мерном признаковом пространстве виртуальных объемных моделей различных нозологических форм болезней – V_i в виде M -геометрических мест точек, где M – количество заболеваний; $i=1; 2; 3, \dots$, и многомерного виртуального образа, характеризующего состояние конкретного пациента $A_N(t)$.

2. Формирование двухмерного образа состояния пациента ($A_2(t)$) и двухмерных образов V_{2i} , представляющих собой проекции $A_N(t)$ и V_i на плоскость, совпадающую с плоскостью отображающего многоцветного экрана видеомонитора.

3. Анализ топологии взаимного расположения $A_2(t)$ относительно V_{2i} , а также взаимного расположения V_{2i} относительно друг друга. По результатам проведенного анализа алгоритм предусматривает проведение следующих процедур:

– генерацию медицинского решения о наличии соответствующего заболевания при установлении факта пересечения $A_2(t)$ только с одним из V_{2i} ;

– решение задачи генерации однозначного медицинского решения о наличии соответствующего заболевания при установлении факта принадлежности $A_2(t)$ одновременно двум или нескольким V_{2i} . При этом на первом этапе решают задачу коллизии V_{2i} путём переноса координат, добиваясь ситуации, когда имеет место пересечение $A_2(t)$ только с одним из V_{2i} . Далее генерируют медицинское решение о наличии соответствующего заболевания.

Если рассмотренный подход не приводит к решению задачи коллизии пересечения V_i , то для генерации однозначного медицинского решения о наличии соответствующего заболевания применяют подход, базирующийся на теории нечетких множеств.

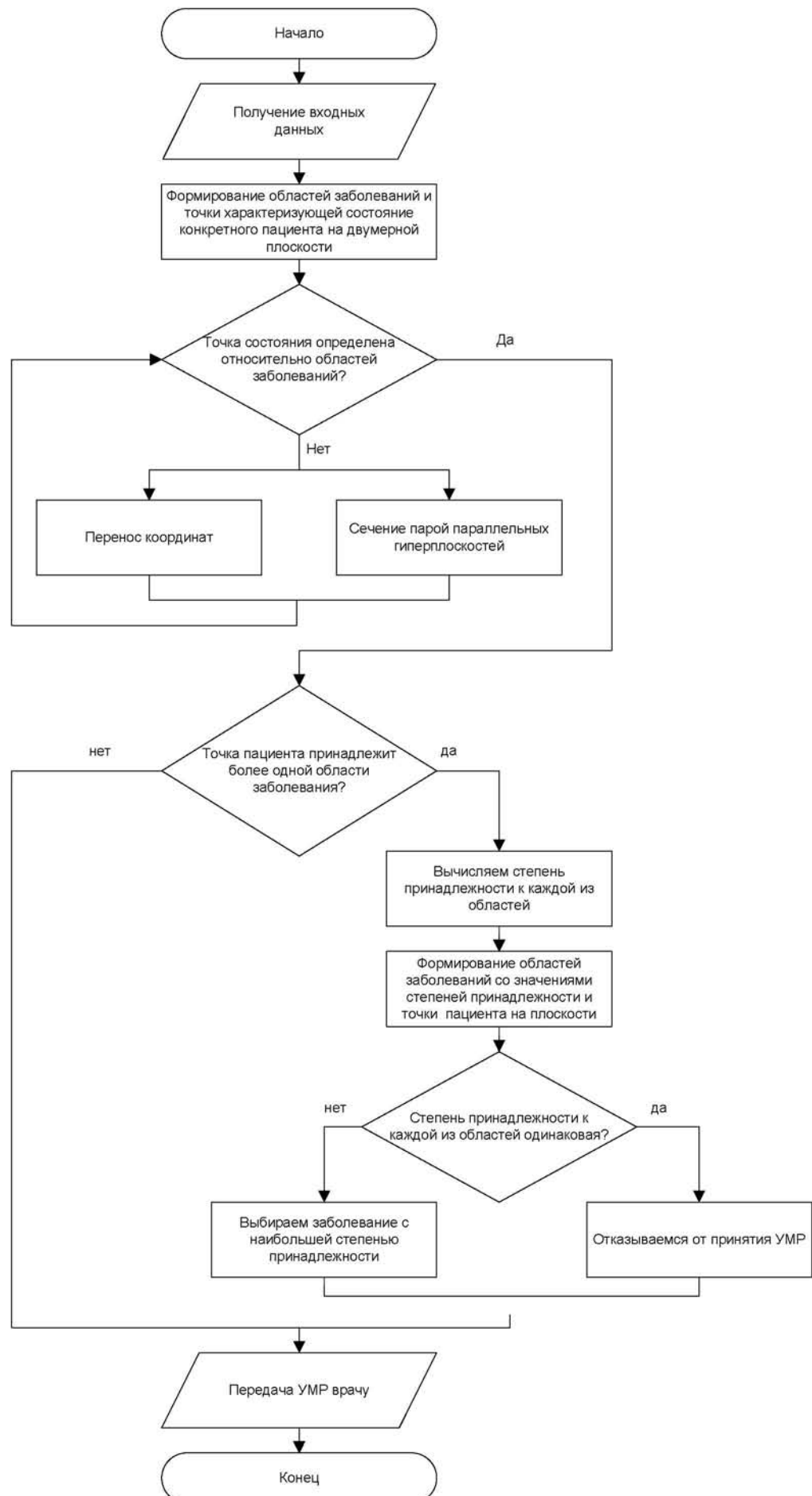


Рисунок 1 – Схема алгоритма диагностики состояния пациента

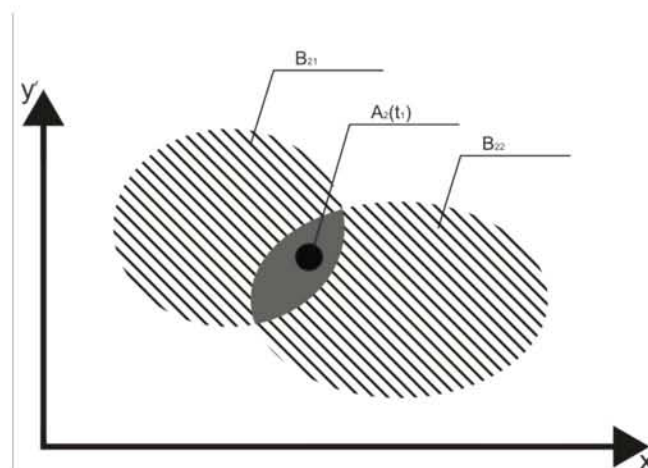


Рисунок 2 – Топология взаимного положения на плоскости $\{X', Y'\}$, совпадающей с плоскостью многоцветного экрана видеомонитора, двухмерного образа состояний и двух виртуальных двухмерных моделей нозологических форм болезней

Однако при практической реализации метода, описанного в [1, 2], возможны ситуации, обуславливающие неоднозначность принятия управленческого решения о текущем состоянии пациента. Такие ситуации могут иметь место в связи с тем, что в N -мерном пространстве состояний гиперобъемные области заболеваний B_i могут совпадать по целому ряду клинических данных, что, в свою очередь, обуславливает полное совпадение или частичное перекрытие B_{2i} друг с другом. В этих случаях мгновенное значение $A_2(t)$ может находиться в области пересечения двух и более B_{2i} (рис. 3(а)). В [3, 4] предложены два возможных подхода, позволяющих исключить неоднозначность решения задачи распознавания состояния пациента ($A_2(t)$).

Первый подход [3] предполагает осуществление соответствующих k -переносов начала координат N -мерного пространства состояния в выбранные экспертом точки на плоскости многоцветного экрана где $k=1; 2; 3; \dots j$ [3], таким образом формируется достаточная совокупность ($A_2^k(t)$) и совокупность двухмерных моделей различных нозологических форм болезней (B_{2i}^k). О достаточности $A_2^k(t)$ и B_{2i}^k судят по факту принадлежности $A_2^k(t)$ только одному из B_{2i}^k или по факту выполнения условия $A_2(t) \notin B_{2i}$ (рис. 3(б)). Однако на практике не всегда процедура переноса начала координат N -мерного пространства позволяет удовлетворительно решить задачу однозначного распознавания состояния пациента.

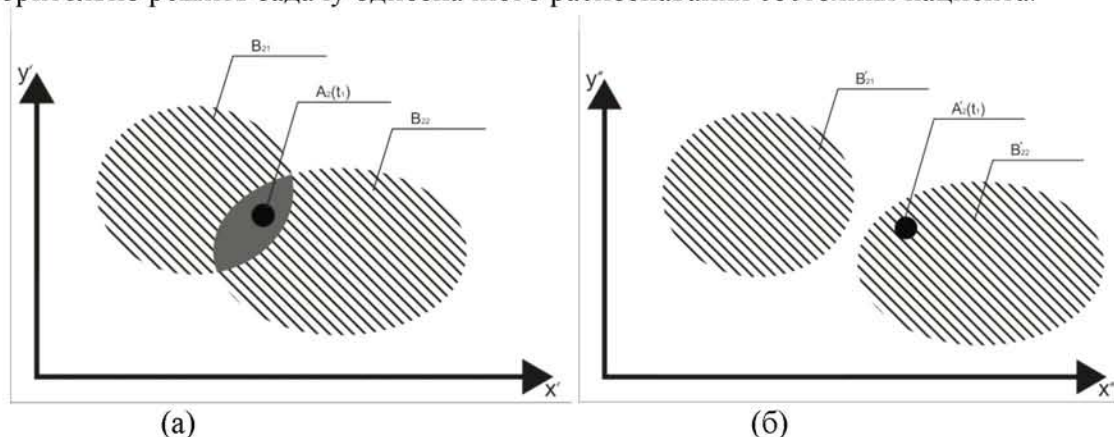


Рисунок 3 – Топология взаимного положения на плоскости $\{X', Y'\}$, совпадающей с плоскостью многоцветного экрана видеомонитора, двухмерного образа состояний и двух виртуальных двухмерных моделей нозологических форм болезней, соответствующая моменту времени t_1 : (а) – после k -го переноса начала координат N -мерного пространства состояния – $A_2'(t_1)$, B'_{21} и B'_{22} ; (б) – после $k+1$ -го переноса начала координат N -мерного пространства состояния – $A_2''(t_1)$ и B''_{21} , B''_{22}

Второй подход [4] реализуется в том случае, если имеют место близко расположенные области заболеваний B_{2i} , имеющие протяженную форму (рис. 4(а)), в которых расстояние от центра одной области заболевания до некоторых точек соседней области заболевания меньше расстояния до собственных точек. Следовательно, данные области заболеваний, линейно разделимых в n -мерном пространстве, частично пересекаются (рис. 4(б)).

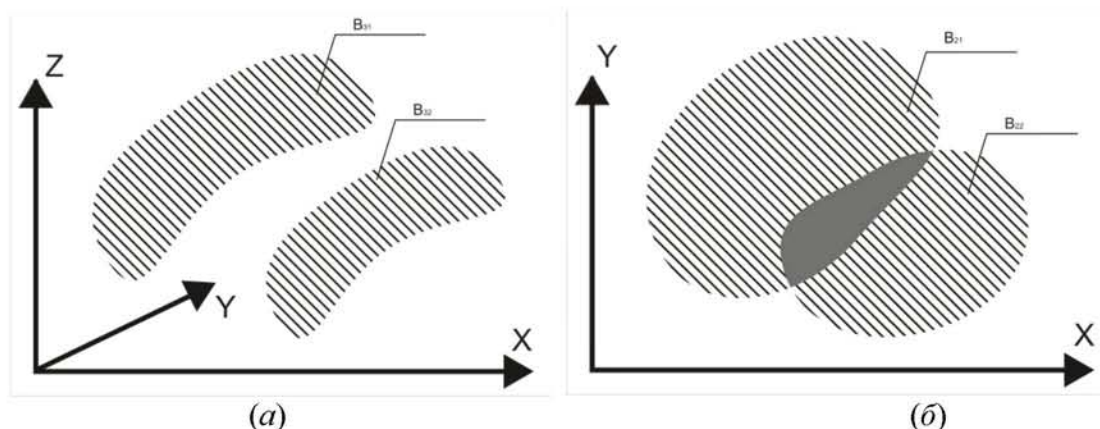


Рисунок 4 – Топология взаимного положения двух виртуальных моделей нозологических форм болезней, представляющих собой близко расположенные протяженные области в трехмерном пространстве (а) и их проекция на плоскости $\{X, Y\}$ многоцветного экрана видеомонитора (б)

Предлагаемый подход состоит в рассечении набора протяженных областей заболеваний парой гиперплоскостей, перпендикулярных направляющему вектору одного из рассекаемых классов [4].

В случае невозможности определения, к какой области заболевания B_{2i}^k относится точка $A_2^k(t)$, после выполнения первого и второго подходов делается вывод, что данные области заболеваний пересекаются, предлагается рассмотрение возможности уменьшения уровня неоднозначности распознавания $A_2^k(t)$, на основе теории нечетких множеств, которая позволит количественно оценивать значение степени принадлежности текущего значения двумерного образа состояния пациента, соответствующего образу B_{2i}^k .

Анализируя степени принадлежности точки многомерного виртуального образа $A_N(t)$ к областям заболеваний B_i , делаем вывод, что заболевание с наибольшей степенью принадлежности и будет указывать на область заболевания, в которой находится точка многомерного виртуального образа $A_N(t)$.

В случае, когда степени принадлежности точки многомерного виртуального образа $A_N(t)$ к областям заболеваний B_i одинаковые, происходит отказ от принятия медицинского управляющего решения.

Применение предлагаемого способа в медицинской практике позволит оперативно контролировать и анализировать закономерности течения болезней, следовательно, позволит повысить точность диагностики болезней, а в некоторых случаях решать прогностические задачи.

Исследования проведены при финансовой поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы, государственный контракт №16.740.11.0045 от 01.09.2010.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кочеткова И.А. Способ распознавания состояния сердечно-сосудистой системы по его многомерному образу / В.М. Довгаль, В.М. Никитин, Е.А. Липунова, И.А. Кочеткова // Компьютерные науки и технологии: сборник трудов Второй Международной научно-

- технической конференции. 3-5 октября 2011, г. Белгород. – Белгород: ООО «ГиК», 2011. – С. 193-198.
2. Кочеткова И.А. Способ формирования многомерного состояния сердечно-сосудистой системы и его визуализации / И.А. Кочеткова, В.М. Довгаль, В.М. Никитин, Е.А. Липунова (заявка на изобретение № RU 201111859 на выдачу патента, дата приоритета 27.04.2011).
 3. Кочеткова И.А. Метод формирования и распознавания многомерного образа состояния сердечно-сосудистой системы / И.А. Кочеткова, В.М. Довгаль, В.М. Никитин, Е.А. Липунова // Научные ведомости БелГУ. Серия «История. Политология. Экономика. Информатика». – Белгород: Изд-во БелГУ, 2011. – № 19(114). – Выпуск 20/1. – С. 180-184.
 4. Кочеткова И.А. Распознавание протяженно-распределенных образов состояния сердечно-сосудистой системы пациента методом сечения парой параллельных гиперплоскостей // Научное творчество XXI века: сб. трудов IV всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Красноярск, апр. 2011 г.: в 2 т. – Т. 2 / под общ. ред. Я.А. Максимова. – Красноярск: Научно-инновационный центр, 2011. – С. 97-98.

Кочеткова Инесса Андреевна

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород
Аспирант
Тел.: 8 920 570 1945
E-mail: IneSuan@gmail.com

Довгаль Виктор Митрофанович

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород
Доктор технических наук, профессор кафедры «Информационные технологии»
Тел.: 8 (4722) 30-99-01
E-mail: VMDovgal@yandex.ru

Никитин Валерий Михайлович

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (НИУ БелГУ),
г. Белгород
Доктор технических наук, профессор кафедры «Информационный менеджмент»
Тел.: 8 910 362 2787
E-mail: nikitin@bsu.edu.ru

Липунова Елена Андреевна

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (НИУ БелГУ),
г. Белгород
Доктор биологических наук, профессор кафедры анатомии и физиологии живых организмов
Тел.: 8 910 362 2787
E-mail: lipunova@bsu.edu.ru

I.A. KOCHETKOVA (Post-graduate student)

*V.M. DOVGAL (Doctor of Engineering Sciences,
Professor of the department «Information Technology»)
Belgorod State Technological University*

*V.M. NIKITIN (Doctor of Engineering Sciences,
Professor of the department « Information Management»)*

*E.A. LIPUNOVA (Doctor of Biological Sciences, Professor of the department of Anatomy and
physiology of living organisms)
Belgorod State National Research University*

**ALGORITHM FOR DIAGNOSIS OF A PATIENT-BASED RECOGNITION
OF HIS VIRTUAL IMAGE**

Carried out a description of the algorithm for constructing multi-dimensional virtual image of the patient, is used to solve the problem of recognition of its pathology based on a study of topology and relative positions of intersection collisions of two-dimensional images of the state by k-fold multi-dimensional projection image constructed on the plane, which coincides with the plane of the screen or multi-color video monitor with the use of fuzzy sets.

Keywords: *diagnosis; algorithm; a geometric method for pattern recognition; fuzzy set; visualization; projection; multi-dimensional virtual image.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Kochetkova I.A. Spособ raspoznavaniya sostoyaniya serdechno-sosudistoj sistemy' po ego mnogomernomu obrazu / V.M. Dovgal', V.M. Nikitin, E.A. Lipunova, I.A. Kochetkova // Komp'yuterny'e nauki i tekhnologii: sbornik trudov Vtoroj Mezhdunarodnoj nauchno-texnicheskoj konferencii. 3-5 oktyabrya 2011, g. Belgorod. – Belgorod: OOO «GiK», 2011. – S. 193-198.
2. Kochetkova I.A. Spособ formirovaniya mnogomernogo sostoyaniya serdechno-sosudistoj sistemy' i ego vizualizacii / I.A. Kochetkova, V.M. Dovgal', V.M. Nikitin, E.A. Lipunova (zayavka na izobretenie № RU 201111859 na vy'dachu patenta, data prioriteta 27.04.2011).
3. Kochetkova I.A. Metod formirovaniya i raspoznavaniya mnogomernogo obraza sostoyaniya serdechno-sosudistoj sistemy' / I.A. Kochetkova, V.M. Dovgal', V.M. Nikitin, E.A. Lipunova // Nauchny'e vedomosti BelGU. Seriya «Istoriya. Politologiya. E'konomika. Informatika». – Belgorod: Izd-vo BelGU, 2011. – № 19(114). – Vy'pusk 20/1. – S. 180-184.
4. Kochetkova I.A. Raspoznavanie protyazhyonno-raspredelyonny'x obrazov sostoyaniya serdechno-sosudistoj sistemy' pacienta metodom secheniya paroj parallel'ny'x giperploskostej // Nauchnoe tvorchestvo XXI veka: sb. trudov IV vseros. nauch.-prakt. konf. s mezhdunar. uchastiem. Krasnoyarsk, apr. 2011 g.: v 2 t. – T. 2 / pod obshh. red. Ya.A. Maksimova. – Krasnoyarsk: Nauchno-innovacionny'j centr, 2011. – S. 97-98.

А.А. ОВСЯННИКОВ, Е.Ю. ГОЛУБИНСКИЙ

**ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ХАРАКТЕРИСТИК КАЧЕСТВА
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ**

В статье рассматривается подход к формированию системы характеристик качества информационно-аналитических материалов,готавливаемых в интересах органов государственной власти. Использование детального описания характеристик качества информационно-аналитических материалов при их оценивании позволяет выявлять причины снижения качества данного вида информационной продукции и эффективно регулировать процесс его подготовки.

Ключевые слова: информационная продукция; информационно-аналитический материал; качество; характеристика качества.

В России существует и развивается система специального информационного обеспечения государственного управления [1]. По отношению к ней различают «внешних» и «внутренних» потребителей. Информационно-аналитический материал (ИАМ) в рамках этой системы является видом информационной продукции, предназначенным для удовлетворения нужд потребителей, и представляет собой документ, содержащий тематически и логически упорядоченные наборы данных о состоянии, развитии, возможных способах решения определенной проблемы, полученные методами аналитико-синтетической переработки содержания совокупности первоисточников.

Необходимо отметить, что условием успешного принятия важных управленческих решений является надлежащее качество ИАМ, под которым понимается их соответствие определенным требованиям, предъявляемым к содержанию, форме представления и срокам доставки. Поэтому необходимость обеспечения эффективного управления качеством их подготовки сомнений не вызывает.

В настоящее время оценивание ИАМ производится после их подготовки и заключается в выявлении несоответствий предъявляемым требованиям и определении уровня качества (по соответствующей шкале). Оценивание качества ИАМ, как правило, производится с использованием упрощенных методов, при этом результаты оценивания носят обобщенный качественный характер. Следует сказать, что наличие собственно качественной оценки типа «хорошо/удовлетворительно/плохо» недостаточно для выявления причин отклонений качества и эффективного управления технологическим процессом подготовки ИАМ.

Неполное соответствие технологии управления требованиям обеспечения качества ИАМ обуславливает актуальность работ по совершенствованию методов и средств оценивания качества результатов функционирования информационно-аналитических систем. Наши предложения по изменению существующего положения дел в области обеспечения качества ИАМ заключаются в организации «опережающего» многоаспектного оценивания с целью выявления недостатков различного рода, снижающих качество ИАМ, и использование данных о недостатках для своевременного диагностирования причин их появления. Организовать такое оценивание возможно, так как:

- частные требования обеспечения качества ИАМ, как правило, или сформулированы в информационных заданиях, или могут быть выявлены на этапе постановки задачи на подготовку ИАМ;

- информационно-аналитические подразделения, предназначенные для организации информационно-аналитического обеспечения лиц, принимающих управленческие решения, включают в себя экспертов-аналитиков, обладающих квалификацией, позволяющей осуществлять подготовку и оценивание ИАМ [1].

С целью совершенствования технологии оценивания качества ИАМ выполняется разработка методики, позволяющей:

- 1) выявлять и регистрировать недостатки, снижающие качество ИАМ;
- 2) оценить качество ИАМ в целом и по отдельным значимым свойствам;
- 3) диагностировать возможные причины снижения качества.

Одной из основных составляющих такой методики является система характеристик качества ИАМ (СХК). Анализ научных трудов показал, что проблемам аналитико-синтетической переработки информации, которая во многом определяет качество информационных продуктов и услуг, посвящены работы А.А. Гречихина, И.Г. Здорова (обзорно-аналитическая деятельность) [2], Г.Ф. Гордукаловой (информационная диагностика, информационный мониторинг, информационный анализ) [3], И.А. Афоничкина, С.А. Панфилова, В.А. Никитова, А.В. Старовойтова, Н.И. Ильина, Н.Н. Демидова, П.Н. Поповича, Э. Янга, Л. Куинн (информационное обеспечение процессов управления) [1, 4-6]. Методы анализа и обработки отдельных видов информации описаны в трудах А.И. Михайлова, А.И. Черного, Р.С. Гиляревского, А.Э. Мильчина [7, 8]. Авторам данной статьи также известны и документы по стандартизации, предназначенные для использования в области качества информации и отдельных информационных продуктов [9, 10].

Таким образом, количество научных трудов, посвященных оцениванию качества информационной продукции, достаточно велико, но большинство из них затрагивает отдельные проблемы обеспечения качества информационных продуктов (или отдельных их видов). Кроме этого, публикации, как правило, имеют теоретическую направленность, что затрудняет их использование в практической деятельности. В частности, отсутствуют ориентированные на практику работы, посвященные:

- формализации процедур оценивания конкретных видов информационной продукции, подготавливаемых для органов государственной власти;
- диагностированию причин снижения качества таких видов информационной продукции.

Отсутствие практической направленности работ обуславливает новизну исследований, промежуточные результаты которых приведены в данной статье. Далее по тексту приведен ориентированный на практику подход к формированию СХК.

Так как в настоящее время порядок формирования СХК не формализован, произведено ее формирование в три этапа, в соответствии с методологией, используемой в управлении качеством продукции [11]. В общем виде порядок формирования СХК для выявления причинных факторов и оценивания качества ИАМ приведен на рисунке 1.

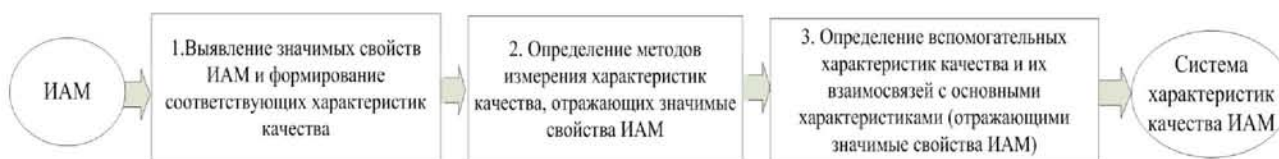


Рисунок 1 – Порядок формирования системы характеристик качества ИАМ

На первом этапе формирования СХК (рис. 1) были выявлены 7 значимых свойств ИАМ и определены соответствующие им характеристики качества – обобщенные характеристики качества ИАМ (ОХК). При выявлении свойств ИАМ использовались методы традиционного (классического) анализа текстовых документов (морфологический синтаксический, стилистический анализы) и экспертные методы (в качестве экспертов привлекались специалисты в области информационно-аналитической работы).

К значимым свойствам ИАМ, выявленным на данном этапе, были отнесены:

- своевременность доставки ИАМ;
- достоверность информации, изложенной в содержании ИАМ;

- кумулятивность информации, изложенной в содержании ИАМ;
- стиль изложения информации в ИАМ;
- грамотность изложения информации в ИАМ;
- правильность оформления ИАМ;
- легкость чтения ИАМ.

Дополнительно на данном этапе введена комплексная характеристика качества ИАМ (КХК), предназначенная для отражения качества ИАМ в целом.

На втором этапе формирования СХК (рис. 1) сделан выбор метода определения значений ОХК в пользу метода построения продукционных правил (систем продукций) [12, 13]. На его основе были построены коллективы правил, отражающих зависимость значений ОХК от значений вспомогательных характеристик качества.

Метод позволил получить значения всех ОХК с использованием одинаковых шкал и, соответственно, одинаковых единиц измерения. При этом значения вспомогательных характеристик качества могут определяться с использованием различных единиц измерения.

При определении значения КХК выбран метод нахождения среднего арифметического взвешенного, описанный в работе [14]. При этом значения коэффициентов важности (весов) ОХК, отражающих влияние их значений на значение КХК, могут быть также определены с использованием экспертных методов. Выбор данного метода обуславливается:

- во-первых, тем, что значения ОХК представляются с использованием одинаковых единиц измерения (после применения для определения их значений метода построения продукционных правил);
- во-вторых, известными достоинствами и распространенностью данного метода [14].

При выполнении третьего этапа (рис. 1) формирования СХК были проведены изучение и анализ содержания нескольких десятков ИАМ на предмет выявления «угроз качеству» продукции. Данный анализ показал, что, как и любая другая продукция, ИАМ содержит признаки влияния различных факторов, воздействующих на процесс подготовки ИАМ (причинных факторов). Выяснено, что воздействие причинных факторов на процесс подготовки ИАМ может осуществляться через:

- составителя (и редактора);
- исходные данные для подготовки ИАМ (первичная информация);
- технологию (включая информационное задание);
- среду подготовки данного вида информационной продукции.

Признаками положительного воздействия причинных факторов, как правило, является явно выраженное соответствие ИАМ определенной группе требований, предъявляемых к нему. Признаками их отрицательного воздействия являются различного рода недостатки, имеющие место в содержании и форме изложения ИАМ (грамматические ошибки, стилистические недочеты, некорректные цитаты и т.д.) и порядке их доставки потребителям. Особенностью установленных при анализе ИАМ признаков влияния причинных факторов является их наблюдаемость, а значит, и возможность регистрации и учета.

Анализ содержания ИАМ и исследование процесса ИАО в целом показали, что выявленные признаки влияния факторов подготовки на качество ИАМ могут быть сгруппированы по сферам воздействия на их отдельные свойства.

Таким образом, на основе признаков влияния причинных факторов на качество ИАМ возможно определить вспомогательные характеристики качества ИАМ, а также взаимосвязи между ними и ОХК. На основе выявленных взаимосвязей между признаками влияния причинных факторов и свойствами ИАМ создана описательная модель ИАМ «признак-свойство» (далее – описательная модель), включающая в себя количественные характеристики, пригодные для диагностирования причинных факторов в технологии подготовки ИАМ. В общем виде описательная модель приведена на рисунке 2.



Рисунок 2 – Описательная модель ИАМ «признак-свойство»

Созданная описательная модель обладает практической направленностью – она отражает зависимость качества ИАМ от причинных факторов, поэтому в ее структуру включены:

- признаки влияния на качество ИАМ причинных факторов;
- признанные значимыми внешние и внутренние свойства ИАМ как вида информационной продукции, на которые оказывают влияние причинные факторы;
- взаимосвязи между признаками влияния причинных факторов и свойствами ИАМ.

Данная модель позволила определить 12 вспомогательных характеристик качества ИАМ. Следует сказать, что вспомогательные характеристики качества ИАМ выполняют роль единичных характеристик качества ИАМ (ЕХК). Действия, выполненные на всех трех этапах формирования СХК (рис. 1) позволили определить ее структуру, изображенную на рисунке 3.

Разнородный характер признаков влияния причинных факторов обусловил необходимость применения нескольких методов определения значений ЕХК. Для определения значений ЕХК, представленных на рисунке 3, использованы:

- метод прямого обнаружения и регистрации признаков влияния факторов подготовки на качество ИАМ, в основном базирующийся на методах выявления ошибок различного рода в тексте, которые подробно описаны в трудах [8, 15];
- методы определения значений абсолютных и относительных показателей, описанные в работе [14];
- метод построения продукционных правил, описанных в работах [12, 13];
- метод определения удобочитаемости текста Р. Флэша (адаптированный для русского языка), приведенный в диссертации [16].

Кроме этого, при разработке правил определения таких ЕХК, как «Относительный показатель учета незначительных нарушений грамотности изложения информации» и «Относительный показатель учета трудноустраняемых нарушений грамотности изложения информации», использовались приведенные в работе [17] предложения по классификации речевых ошибок, свойственных письменной речи.

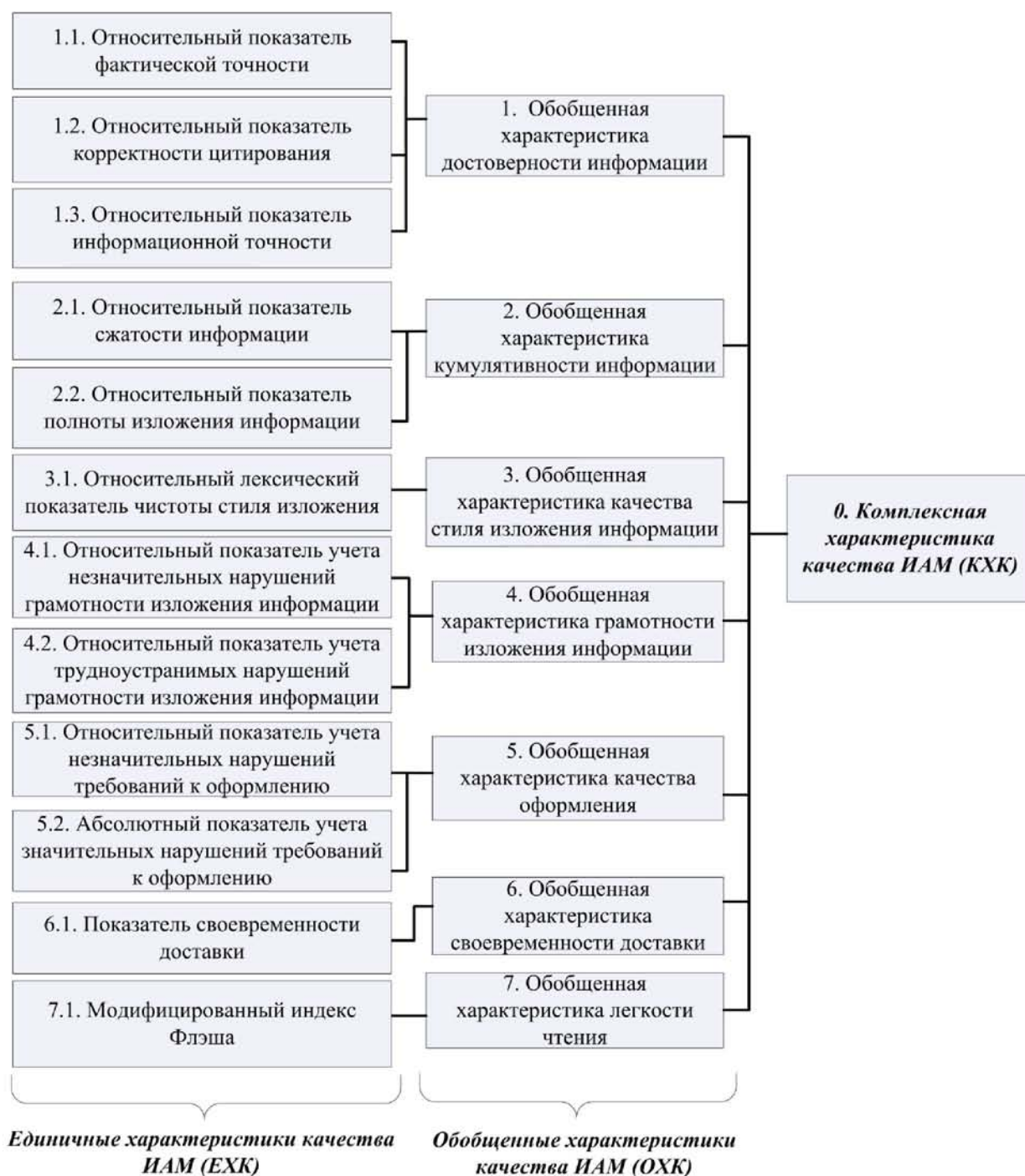


Рисунок 3 – Структура системы характеристик качества ИАМ

Правила определения и формулы расчета ЕХК, созданные на основе перечисленных методов, приведены далее.

1. Значение ЕХК «Относительный показатель фактической точности» определяется по формуле (1):

$$\bar{C}_{a1}^1 = \frac{C_{a1}^1}{N}, \quad (1)$$

где $\bar{C}_{a1}^1$ – значение ЕХК «Относительный показатель фактической точности»;

C_{a1}^1 – общее количество фактических ошибок в содержании ИАМ, выявленных при оценивании;

N – количество листов ИАМ.

По формулам, аналогичным (1), предлагается определять значения следующих ЕХК:

- относительный показатель корректности цитирования;
- относительный показатель чистоты стиля изложения;
- относительный показатель учета незначительных нарушений грамотности изложения информации;
- относительный показатель учета трудноустраняемых нарушений грамотности изложения информации;
- относительный показатель учета незначительных нарушений требований к оформлению.

При этом в числителе дроби, согласно (1), для данных ЕХК располагаются:

- общее количество приведенных цитат и числовых данных, приведенных в тексте ИАМ без ссылки на первоисточник, выявленных при оценивании;
- общее количество лексем и знаков препинания в содержании ИАМ, свойственных всем стилям речи за исключением официально-делового;
- общее количество выявленных при оценивании речевых ошибок (кроме стилистических недочетов), воздействующих на единицы языка «слово», «словосочетание», «предложение»;
- общее количество выявленных при оценивании речевых ошибок (кроме стилистических недочетов), воздействующих на компоненты текста «абзац», «текст»;
- общее количество незначительных нарушений требований к оформлению ИАМ.

2. Значение ЕХК «Относительный показатель информационной точности» определяется по формуле (2):

$$\bar{C}_{a3}^1 = \frac{W_u}{W_v} \times 100\%, \quad (2)$$

где $\bar{C}_{a3}^1$ – значение ЕХК «Относительный показатель информационной точности»;

W_u – общее количество слов и числовых данных в предложениях в содержании ИАМ, изложенная с помощью которых информация требует уточнения;

W_v – общее количество слов и числовых данных в содержании ИАМ.

3. Значение ЕХК «Относительный показатель сжатости информации» определяется в соответствии с правилами (3):

$$\begin{cases} \bar{C}_{c1}^1 = \frac{V_f}{V_r} \times 100\%, \text{ если } V_r - \text{определено;} \\ \bar{C}_{c1}^1 = 100\%, \text{ если } V_r - \text{не определено,} \end{cases} \quad (3)$$

где $\bar{C}_{c1}^1$ – значение ЕХК «Относительный показатель сжатости информации»;

V_f – фактический объем ИАМ в листах;

V_r – максимально возможный объем ИАМ в листах (согласно заданию на подготовку или запросу).

4. Значение ЕХК «Относительный показатель полноты изложения информации» определяется в соответствии с правилами (4):

$$\begin{cases} \bar{C}_{c2}^1 = \left(1 - \frac{P_u}{P_v}\right) \times 100\%, \text{ если } P_v - \text{может быть определено;} \\ \bar{C}_{c2}^1 = 100\%, \text{ если } P_v - \text{не может быть определено,} \end{cases} \quad (4)$$

где $\bar{C}_{c2}^1$ – значение ЕХК «Относительный показатель полноты изложения информации»;

P_u – количество неделимых структурных элементов ИАМ, указанных в задании на подготовку ИАМ (запросе), информация по которым отсутствует в содержании ИАМ;

P_v – общее количество неделимых структурных элементов ИАМ, указанных в задании на подготовку или запросе.

Примечание: P_v может быть не определено вследствие недостаточной формализации задания на подготовку ИАМ или запроса.

5. Значение ЕХК «Абсолютный показатель учета значительных нарушений требований к оформлению» определяется путем выявления значительных нарушений требований к оформлению ИАМ (требований к оформлению титульного листа, параметров страниц, параметров текста) и определения их общего количества.

6. Значение ЕХК «Показатель своевременности доставки» определяется в соответствии с правилами (5):

$$\begin{cases} C_{tl}^1 = T_f - T_r, \text{ если } T_f > T_r; \\ C_{tl}^1 = 0, \text{ если } T_f \leq T_r, \end{cases} \quad (5)$$

где C_{tl}^1 – значение ЕХК «Показатель своевременности доставки»;

T_f – дата фактического поступления ИАМ к оценивающему лицу;

T_r – дата требуемого поступления ИАМ к оценивающему лицу.

7. Значение ЕХК «Модифицированный индекс Р. Флэша» определяется в соответствии с формулой (6).

$$C_{r1}^1 = 206,836 - 60,1\overline{W}_{sl} - 1,3\overline{L}_p^{sl}, \quad (6)$$

где C_{r1}^1 – значение ЕХК «Модифицированный индекс Р. Флэша»;

$\overline{W}_{sl}$ – среднее число слогов в одном слове текстовой части ИАМ;

$\overline{L}_p^{sl}$ – средняя длина предложений в словах.

Значения характеристик качества ИАМ в совокупности с идеей метода К. Исикавы [11] предлагается использовать при диагностировании причин снижения качества этого вида информационной продукции. Специализированные причинно-следственные диаграммы позволяют наглядно представлять выявляемые экспертными методами факторы, влияющие на значение той или иной характеристики качества ИАМ. При этом становится возможно обоснованное разделение причинных факторов по весу и управляемости (т.е. обеспечению возможности регулирования их воздействия). В дальнейшем указанные возможности разработанной СХК позволят:

- перейти к более совершенным механизмам управления качеством информационной продукции.

- повысить общий уровень стандартизации технологических приемов при оценке качества информационной продукции в информационно-аналитической деятельности.

Приведенные в статье компоненты модельно-математического обеспечения информационно-аналитических систем применены при разработке методики, предназначенной для оценивания качества ИАМ и диагностирования причин снижения качества, а также программного инструментария, предназначенного:

- 1) для автоматического определения значений таких ЕХК как «Модифицированный индекс Р. Флэша», «Относительный показатель чистоты стиля изложения»;

- 2) регистрации и хранения исходных данных, необходимых для получения значений ЕХК, кроме рассчитываемых автоматически, а также последующего автоматизированного расчета значений этих ЕХК (после команды пользователя);

- 3) автоматического определения значений ОХК и КХК с использованием хранящихся в соответствующих базах данных продукционных правил и весовых коэффициентов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ильин Н.И., Демидов Н.Н., Попович П.Н. Развитие систем специального информационного обеспечения государственного управления. – М.: МедиаПресс, 2009. – 288 с.
2. Гречихин А.А., Здоров И.Г. Информационные издания. Типология и основные особенности подготовки. – М.: Книга, 1988. – 271 с.
3. Гордукалова Г.Ф. Анализ информации. Методы, технологии, организация. – СПб.: Профессия, 2009. – 508 с.
4. Никитов В.А. Информационное обеспечение государственного управления (под ред. Ю.В. Гуляева) / В.А. Никитов, Е.И. Орлов, А.В. Старовойтов, Г.И. Савин. – М.: Славянский диалог, 2000. – 415 с.
5. Афоничкин А.И., Панфилов С.А. Качество информационного обеспечения в процессах управления (под ред. А.А. Денисова). – Саранск: Изд-во Саратовского университета. Саранский филиал, 1988. – 176 с.
6. Янг Э., Куинн Л. Как написать действенный аналитический документ в сфере государственной политики: практическое пособие для советников по государственной политике в Центральной и Восточной Европе / пер. с англ. Ю.Д. Полянского. Научн. ред. пер. А.И. Килиевич. – Киев.: Изд-во «К.И.С.», 2003. – 124 с.
7. Михайлов А.И., Черный А.И., Гиляревский Р.С. Научные коммуникации и информатика. – М.: Наука, 1976. – 436 с.
8. Мильчин А.Э. Методика и техника редактирования текста. – М.: Книга, 1972. – 320 с.
9. ГОСТ 51170-98. Качество служебной информации. Термины и определения. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1998.
10. ГОСТ 28195-89. Оценка качества программных средств. Общие положения. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.
11. Исикава К. Японские методы управления качеством (под ред. А.В. Гличева). – М.: Экономика, 1988. – 215 с.
12. Нильсон Н. Принципы искусственного интеллекта: пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1985. – 376 с.
13. Ясницкий Л.Н. Введение в искусственный интеллект: учебное пособие. – М.: Академия, 2008. – 176 с.
14. Хамханова Д.Н. Основы квалитетрии: учебное пособие. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2003. – 142 с.
15. Розенталь Д.Э., Джанжакова Е.В., Кабанова Н.П. Справочник по правописанию, произношению, литературному редактированию. – М.: ЧеРо, 1998. – 400 с.
16. Оборнева И.В. Автоматизированная оценка сложности учебных текстов на основе статистических параметров: диссертация на соискание ученой степени кандидата педагогических наук. – М., 2006. – 165 с.
17. Бутакова Л.О. Опыт классификации ошибок, свойственных письменной речи // Вестник Омского университета, 1998. – № 2. – С. 72-75.

Овсянников Анатолий Анатольевич

Академия ФСО России, г. Орел

Кандидат технических наук, доцент, начальник лаборатории

Тел.: 8 910 262 32 84

Голубинский Евгений Юрьевич

Академия ФСО России, г. Орел

Научный сотрудник

Тел.: 8 909 230 47 33

E-mail: darzhhek@yandex.ru

A.A. OVSYANNIKOV (*Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor,
Head of Laboratory*)

E.Y. GOLUBINSKIY (*Research Associate*)

Academy of Federal Agency of protection of the Russian Federation, Orel

FORMING OF THE QUALITY CHARACTERISTICS SYSTEM OF INFORMATIONAL-ANALYTICAL MATERIALS

The article deals with an approach to forming of a quality characteristics system for informational-analytical materials which are prepared for the governmental authorities. Use of the detailed description of quality characteristic of informational-analytical materials for their evaluation allows revealing the reasons of quality lowering of this kind of informational production and regulation of its preparation process.

Keywords: information product; informational-analytical material; quality; quality characteristic.

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Il'in N.I., Demidov N.N., Popovich P.N. Razvitie sistem special'nogo informacionnogo obespecheniya gosudarstvennogo upravleniya. – M.: MediaPress, 2009. – 288 s.
2. Grechixin A.A., Zdorov I.G. Informacionny'e izdaniya. Tipologiya i osnovny'e osobennosti podgotovki. – M.: Kniga, 1988. – 271 s.
3. Gordukalova G.F. Analiz informacii. Metody, texnologii, organizaciya. – SPb.: Professiya, 2009. – 508 s.
4. Nikitov V.A. Informacionnoe obespechenie gosudarstvennogo upravleniya (pod red. Yu.V. Gulyaeva) / V.A. Nikitov, E.I. Orlov, A.V. Starovojtov, G.I. Savin. – M.: Slavyanskij dialog, 2000. – 415 s.
5. Afonichkin A.I., Panfilov S.A. Kachestvo informacionnogo obespecheniya v processax upravleniya (pod red. A.A. Denisova). – Saransk: Izd-vo Saratovskogo universiteta. Saranskij filial, 1988. – 176 s.
6. Yang E., Kuinn L. Kak napisat' dejstvenny'j analiticheskij dokument v sfere gosudarstvennoj politiki: prakticheskoe posobie dlya sovetnikov po gosudarstvennoj politike v Central'noj i Vostochnoj Evrope / per. s angl. Yu.D. Polyanskogo. Nauchn. red. per. A.I. Kilievich. – Kiev.: Izd-vo «K.I.S.», 2003. – 124 s.
7. Mixajlov A.I., Chyorny'j A.I., Gilyarevskij R.S. Nauchny'e kommunikacii i informatika. – M.: Nauka, 1976. – 436 s.
8. Mil'chin A.E'. Metodika i texnika redaktirovaniya teksta. – M.: Kniga, 1972. – 320 s.
9. GOST 51170-98. Kachestvo sluzhebnaj informacii. Terminy i opredeleniya. – M.: IPK Izdatel'stvo standartov, 1998.
10. GOST 28195-89. Ocenka kachestva programmny'x sredstv. Obshhie polozheniya. – M.: IPK Izdatel'stvo standartov, 2001.
11. Isikava K. Yaponskie metody upravleniya kachestvom (pod red. A.V. Glicheva). – M.: E'konomika, 1988. – 215 s.
12. Nil'son N. Principy iskusstvennogo intellekta: per. s angl. – M.: Radio i svyaz', 1985. – 376 s.
13. Yasnizkij L.N. Vvedenie v iskusstvenny'j intellekt: uchebnoe posbie. – M.: Akademiya, 2008. – 176 s.
14. Xamxanova D.N. Osnovy kvalimetrii: uchebnoe posbie. – Ulan-Ude': Izd-vo VSGTU, 2003. – 142 s.
15. Rozental' D.E', Dzhanzhakova E.V., Kabanva N.P. Spravochnik po pravopisaniju, proiznosheniju, literaturnomu redaktirovaniyu. – M.: ChrRo, 1998. – 400 s.
16. Osborneva I.V. Avtomatizirovannaya ocenka slozhnosti uchebny'x tekstov na osnove statisticheskix parametrov: dissertaciya na soiskanie uchynoj stepeni kandidata pedagogicheskix nauk. – M., 2006. – 165 s.
17. Butakova L.O. Opy't klassifikacii oshibok, svojstvenny'x pis'mennoj rechu // Vestnik Omskogo universiteta, 1998. – № 2. – S. 72-75.

В.А. ПЕТРОВ, Е.В. ТРУБИНА

УПРАВЛЕНИЕ ЗНАНИЯМИ В ОРГАНИЗАЦИИ

Рассмотрены понятия интеллектуального ресурса и знания в контексте управления организациями. Изучены возможности распространения знаний в организациях и способы их сохранения и использования. Обозначены ключевые направления работы руководителей и сотрудников организаций для повышения эффективности использования корпоративных знаний. Выявлены основные требования и проблемы реализации качественной системы управления знаниями.

Ключевые слова: интеллектуальный ресурс; управление знаниями; формализация знаний; корпоративное самообразование.

В обеспечении эффективной деятельности современных компаний и организаций управление знаниями является, с одной стороны, сложной и трудно исполнимой задачей, с другой – очень важной и необходимой в условиях инновационного развития общества. Управление знаниями позволяет оптимизировать использование наиболее ценных активов компании: идей, таланта, опыта всего коллектива. Интеллектуальный капитал организации представляет собой общую сумму знаний сотрудников, а его стоимость равна затратам, которые могут уйти на создание этих знаний заново.

Сегодня невозможно представить по-настоящему эффективную организацию, не уделяющую внимания управлению знаниями. Успешный опыт в этой области демонстрируют как отечественные (Газпром, Северсталь), так и зарубежные компании (Microsoft, British Petroleum, McKinsey&Company, Delphi). При этом до сих пор нет четкого определения системы управления знаниями, а также конкретного понимания того, как ее максимально эффективно использовать.

В классическом определении знание – это некий вид информации, отражающий опыт специалиста в определенной предметной области, его понимание различных ситуаций и способы решения поставленных задач. К знаниям можно отнести: опыт работы сотрудников, навыки и профессиональные познания, идеи и изобретения, теории и правила, а также научные работы, документы, программные продукты.

Неформализованные знания, которые находятся в умах людей, формируются на основе индивидуального опыта, являются уникальными и неповторимыми. Для формирования этих знаний человек тратит годы профессионального образования. При этом знания организации (корпоративные знания) формируются и пополняются в результате обмена опытом и внутриорганизационного общения сотрудников, проведения групповых исследований, приглашения новых специалистов и аккумуляции их знаний, анализа ошибок и использования различных методов работы.

Можно обозначить индивидуальные знания как неформализованные, так как находясь в умах сотрудников, они не являются осознанными и доступными для других. Знания корпоративные можно обозначить как формализованные. Различия между неформализованными и формализованными (персонализированными) знаниями предполагают четыре модели создания знания в организации (спираль знания Икудзиро Нонака):

1. Преобразование знания из неформализованного в неформализованное. Это происходит, когда один человек передает свое персональное знание другому напрямую. Это довольно ограниченная форма создания знания, поскольку знание не становится явным и его нельзя использовать в организации в целом.

2. Из формализованного в формализованное. Человек может самостоятельно создавать новое знание, используя для этого ранее накопленные формализованные знания. Такая ситуация опять же не расширяет существующую базу знаний компании.

3. Из формализованного в неформализованное. По мере распространения явного знания, когда сотрудники активно его осваивают и используют, происходит расширение и углубление собственного скрытого знания.

4. Из неформализованного в формализованное. Сотрудник может сформулировать основы своего скрытого знания и превратить его в явное, т.е. предоставить его для освоения и использования другим.

Очевидно, что наиболее эффективным способом распространения информации и приобретенных знаний является систематический обмен ими в компании. Обмен знаниями означает постоянную их циркуляцию в организации в соответствии с определенными стратегией и процедурами, с использованием различных инструментов.

В настоящее время огромное количество организаций в мире решают проблему формализации корпоративных знаний путем внедрения систем управления интеллектуальными ресурсами, что расширяет и ускоряет процесс обмена знаниями между сотрудниками и дает возможность сформировать базу знаний организации на жестком носителе. Подобные информационные системы обеспечивают максимально быстрый и удобный доступ ко всему объему имеющихся как формализованных, так и неформализованных данных.

Система управления знаниями – это комплекс интеллектуальных средств, направленных на максимально глубокое изучение организации, посредством которого реализуется пополнение и использование базы знаний.

Использование подобных технологий существенно влияет на эффективность самостоятельного обучения и развития сотрудников организации, улучшает их профессиональные навыки за счет сохранения и рационального использования интеллектуального ресурса организации.

Информатизация, в первую очередь, должна быть направлена на определение того, что нужно изучать в конкретных условиях работы, а уже потом на возможность быстрого поиска и представления знаний в открытой информационной среде организации. Получается, что главной и в то же время наиболее трудной задачей для реализации системы управления знаниями является информационное накопление знаний, создание банка знаний. Однако измерение интеллектуального капитала – задача сложная и неоднозначная, поскольку она включает такие разнообразные и нечетко определенные ресурсы, как знания, умения и навыки.

Исходя из этого, база знаний представляет собой не просто электронный архив, а набор уникальных сведений, которыми владеют сотрудники организации вместе и индивидуально. Данная информация должна занимать ключевое место в системе управления знаниями.

При выборе стратегии проектирования системы управления знаниями необходимо провести анализ на предмет предрасположенности организации к накоплению знаний, ценности знаний, а также способности и скорости их движения внутри организации, определения текущих источников знаний. Это также покажет отклонения от норм в организации и позволит распознать основные возможности, использование которых можно активизировать в организации, и препятствия, которых можно избежать.

Зачастую основной ошибкой при проектировании системы управления знаниями является путаница понятий базы знаний и базы данных. Основное отличие базы знаний от базы данных в том, что она не только описывает предметную область, но и позволяет отвечать на такие вопросы из этой предметной области, информация о которых в явном виде не присутствует в базе данных.

Таким образом, в первую очередь необходимо выявить тот набор скрытых неочевидных знаний, которыми обладает организация в лице ее сотрудников. Сбор исходной информации, то есть выявление знаний, не ограничивается формализацией объективных данных. Это гораздо более сложный и глубокий процесс. Причем проблема должна решаться не единожды и для каждого вида организационной деятельности отдельно.

В данном случае под видом организационной деятельности понимается совокупность различных факторов, влияющих на качество выполнения задач:

- перечень основных видов работ, выполняемых сотрудниками ежедневно (еженедельно, ежегодно);
- численность сотрудников разных категорий, уровней, специальностей, опыта работы;
- стиль руководства и т.д.

Все эти параметры должны учитываться при разработке подсистемы приобретения знаний. Приобретение знаний – это некое построение базы знаний на основе социальных технологий посредством диалога с экспертом по специальной методике, изначально ориентированной на конкретный способ представления знаний.

Не менее важной задачей подобной системы является своевременная корректировка, систематизация и пополнение знаний корпорации в соответствии с изменяющимися условиями и задачами.

Система приобретения знаний должна определять организацию и порядок проведения комплекса мероприятий, направленных на максимально глубокое изучение сложившейся практики работы:

- опыта работы сотрудников. Важен стаж работы сотрудников в различных областях, занимаемые ими ранее должности.
- видов задач, выполняемых в настоящий момент и ранее. На практике далеко не всегда круг выполняемых работ ограничен служебными обязанностями, поэтому зачастую руководитель не имеет полного представления о возможностях того или иного сотрудника.
- изучение профессионально важных и личностных качеств. К ним можно отнести качество работы в коллективе и индивидуальную компетентность, организаторские способности сотрудников, пунктуальность и обязательность при выполнении задач, отношение к работе и коллегам и т.д.

Наибольшие трудности на этапе выявления знаний возникают из-за особенностей работы с экспертными данными. В связи с большим разнообразием в описании самих знаний, разнообразием предметных задач и областей принятия решений именно задача выявления знаний требует особого подхода. Зачастую эксперту трудно выразить свои знания в виде конкретных формулировок в связи с тем, что часть знаний существует на интуитивном, слабо формализуемом уровне. Знания, имеющие сложную структуру, вызывают у эксперта проблемы в описании их в понятной, связанной форме. Большинство опытных знаний состоят не только из логических схем и правил, но и из большого количества конкретных практических случаев. При этом собранные знания должны быть максимально полными и непротиворечащими друг другу.

Обычно первым этапом разработки подсистемы приобретения знаний является подготовка и проведение социально-психологического изучения коллектива. Для этого необходимо правильно и полно выявить перечень и взаимосвязи наиболее значимых критериев, способных влиять на эффективность работы организации.

На втором этапе необходимо определить взаимосвязи между выявленными показателями, а также максимально разрешить противоречия, возникшие вследствие большого числа респондентов, преобладания неформализованной информации и индивидуального фактора.

Завершающим звеном создания системы управления знаниями является разработка технологий и методик преобразования полученной информации в формализованные данные, которые делают знание доступным всей организации.

Эффективное использование знаний в практической деятельности организации требует реализации систем их хранения, систематизации, обработки и представления пользователю в удобном виде.

С учетом предъявляемых требований система управления знаниями может представлять собой некий информационный портал с web-интерфейсом, который наиболее

просто может быть внедрен в любую пользовательскую сеть. Такой интерфейс привычен и удобен большинству пользователей персонального компьютера и не требует дополнительного обучения.

Подобная система может быть наделена свойствами экспертной системы и системы поддержки принятия решений (например, функциями генерации альтернатив решений, их оценки и ранжирования). Это обусловлено тем, что собранные, систематизированные и формализованные знания имеют ценность не только для предоставления их при необходимости сотрудникам организации, но и для использования руководителем при решении вопросов управленческого характера.

Системы управления знаниями должны, как правило, соответствовать некоторым технологическим требованиям:

- наличие системы управления базами данных (СУБД). Основа базы знаний в любом случае представляет собой некое хранилище данных;
- возможность четкого разграничения прав доступа к базе знаний. Данная мера необходима для контроля предоставления информации разным группам пользователей;
- качественная система классификации знаний и удобный интерфейс представления данных. Это позволит быстро ориентироваться в представленном объеме информации;
- должна учитываться возможность пополнения и корректировки знаний. При этом вводимые изменения не должны нарушать структуру базы знаний, но должны расширять ее возможности (самообучающаяся система);
- совместимость с другими системами (чтобы при необходимости интегрировать ее в существующую компьютерную сеть);
- проект не должен менять принятые в коллективе нормы поведения, общения, решения проблем, а лишь дополнять и усиливать их.

Если методика построения и социальные технологии реализации системы управления знаниями подобраны правильно, то ее использование значительно повышает эффективность работы организации за счет расширения возможностей по сохранению корпоративных знаний, их преумножению, оперативного их использования и создания механизмов их воспроизводства.

С помощью специальных программ, основанных на системах управления интеллектуальными ресурсами, сотрудники могут собирать, анализировать данные, необходимые для выполнения текущих задач. Использование подобных систем дает возможность оперативно получать дополнительную информацию, позволяющую принять более эффективное решение. Корпоративное программное обеспечение и базы знаний поддерживают интеллектуальный капитал компании, позволяя работать такими методами, которые в иной ситуации были бы недоступны. Электронные системы управления знаниями могут хранить агрегированный опыт организации и являться инструментом ускоренного обучения, что даст возможность сотрудникам организации постоянно повышать уровень профессионализма.

Корпоративное самообразование, саморазвитие на основе баз знаний поддерживает и увеличивает интеллектуальный капитал компании, формирует организационную культуру, повышает эффективность управленческих решений и тем самым способствует более полному достижению организационных целей и выполнению производственных задач.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Harvard Business Review. Управление знаниями. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2006. – 208 с.
2. Джанетто К., Уиллер Э. Управление знаниями. Руководство по разработке и внедрению корпоративной системы управления знаниями. – М.: Добрая книга, 2005. – 192 с.
3. Коулопоулос Томас, Фраппаоло Карл. Управление знаниями. Что это такое? – М.: Документум Сервисиз, 2008. – 120 с.
4. Сендж Питер. Пятая дисциплина. Искусство и практика самообучающихся организаций. – М.: Олимп-Бизнес, 2009. – 448 с.

5. Кочеткова А.И. Психологические основы современного управления персоналом. – М.: Зерцало, 1999. – 384 с.
6. Сборник тезисов докладов 5 Российской конференции «Проблемы методологии и методики внедрения компьютерной графики в учебные дисциплины» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.tstu.ru/koi/tgtu/publ/96w564.htm>.

Петров Владимир Александрович

Российский ядерный инновационный консорциум, г. Москва

Доктор технических наук, профессор, начальник управления отраслевого развития

Тел.: 8 926 922 60 47

E-mail: pva.fso@mail.ru

Трубина Екатерина Владимировна

Академия ФСБ России, г. Москва

Адъюнкт-заочник

Тел.: 8 964 787 85 73

E-mail: trubinaekaterina@gmail.com

V.A. PETROV (Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of branch development)

Russian Nuclear Innovation Consortium, Moscow

E.V. TRUBINA (Adjunct)

Academy of FSS of Russia, Moscow

KNOWLEDGE MANAGEMENT IN ORGANIZATIONS

The concepts of intellectual resources and knowledge in the context of organizational management are considered. The possibilities to share knowledge in organizations and how they maintain and use are described. Main directions for management and staff of organizations to improve the efficiency of corporate knowledge are indicated. The basic requirements and problems of implementation of quality management systems of knowledge are detected.

Keywords: *intellectual resources; knowledge management; formalization of knowledge; corporate self.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Harvard Business Review. Upravlenie znaniyami. – М.: Al'pina Biznes Buks, 2006. – 208 s.
2. Dzhanetto K., Uiller E'. Upravlenie znaniyami. Rukovodstvo po razrabotke i vnedreniyu korporativnoj sistemy' upravleniya znaniyami. – М.: Dobraya kniga, 2005. – 192 s.
3. Koulopouls Tomas, Frappalo Karl. Upravlenie znaniyami. Chto e'to takoe? – М.: Dokumentum Servisiz, 2008. – 120 s.
4. Sendzh Piter. Pyataya disciplina. Iskustvo i praktika samoobuchayushhixsya organizacij. – М.: Olimp-Biznes, 2009. – 448 s.
5. Kochetkova A.I. Psixologicheskie osnovy' sovremennogo upravleniya personalom. – М.: Zerczalo, 1999. – 384 s.
6. Sbornik tezisov dokladov 5 Rossijskoj konferencii «Problemy' metodologii i metodiki vnedreniya komp'yuternoj grafiki v uchebny'e discipliny'» [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.tstu.ru/koi/tgtu/publ/96w564.htm>.

А.А. ПЕТРОВ, Н.А. АЛЛАЯРОВА

ОБ ОДНОЙ ЗАДАЧЕ УПРАВЛЕНИЯ КАПИТАЛОМ ПОТРЕБИТЕЛЯ

Рассматривается задача наиболее выгодного распределения капитала единичного потребителя в банковские депозиты. Получено решение задачи с точки зрения получения максимального математического ожидания наращенного капитала, исходя из распределения времени изъятия вклада.

Ключевые слова: банковские депозиты; математическое ожидание.

В современных рыночных условиях большое значение имеет задача управления капиталом потребителя. Достаточное количество работ и методик разработано для управления капиталом потребителя на рынке ценных бумаг. В основном работы посвящены решению классической задачи Марковица [1]: инвестор должен принимать решение по выбору портфеля бумаг, исходя исключительно из показателей ожидаемой доходности и стандартного отклонения доходности. Это означает, что инвестор выбирает лучший портфель, основываясь на соотношении обоих параметров. При этом интуиция и отношение инвестора к риску играют определяющую роль. Достаточное большое количество работ посвящено решению задачи Марковица в условиях отношения к риску. Один из возможных вариантов решения задачи рассмотрены в работе Хацкевича В.Л. и Хацкевича М.В. [2], а также и ряд других [3]. При этом в основном рассматриваются портфели ценных бумаг и их производных инструментов и ненулевым риском.

Настоящая работа посвящена мало изученной задаче управления капиталом потребителя следующего типа. В городе проживания потребителя находится несколько банков, в которых имеются различные виды депозитных вкладов. Потребитель решает задачу наиболее выгодного вложения денежных средств при условии, что он точно не знает момент времени, когда ему понадобятся вложенные средства, то есть момент изъятия денежных средств. Такого рода задача характерна для потребителей пенсионного возраста и показывает его минимальное отношение к риску. Для потребителей такой категории вопрос сохранения и приумножения капитала – не столько меркантильный, сколько насущный и один из самых актуальных сегодня. Таким образом, риск при построении такого типа портфеля вкладов, практически сводится к нулю, поскольку в основном сумма вкладов, естественно, с ограничением, указанным государством, возвращается потребителю через некоторое время при условии банкротства банка.

Рассмотрим следующую задачу. Пусть потребитель обладает капиталом размером X . Пусть также у него имеется возможность выбора из n видов депозитных вкладов. Обозначим через i_j годовую ставку процента по j -му вкладу, m_j – срок действия j -го вклада, s_j – минимальная сумма для открытия вклада. Будем предполагать, что каждый вклад может быть пролонгирован на тех же условиях, на которых он заключался. Если происходит изъятие средств раньше срока, то начисляются α_j годовых процентов по ставке срочного депозита, действующей в банке, в котором выполняется вклад. Будем также считать, что по вкладам не производится капитализация.

Пусть ξ – случайная величина, выражающая время, когда потребителю понадобятся все денежные средства. Эта величина дискретная. Пусть для определенности в рассматриваемом году T дней.

Рассмотрим j -й вклад. Разделим ξ на m_j с остатком. В результате получим:

$$\xi = m_j \cdot k_j + s_j.$$

Тогда по j -му вкладу потребитель в момент времени ξ получит следующее количество денежных средств:

$$x_j \cdot \left(1 + i_j \cdot \frac{m_j}{T}\right)^{k_j} \cdot \left(1 + \alpha_j \cdot \frac{s_j}{T}\right),$$

где x_j – количество денежных средств, внесенных в j -й вклад.

Обозначим

$$b_j = \left(1 + i_j \cdot \frac{m_j}{T}\right)^{k_j} \cdot \left(1 + \alpha_j \cdot \frac{s_j}{T}\right).$$

Эта величина дискретная. Для нее можно определить математическое ожидание и дисперсию, зная закон распределения величины ξ .

В результате распределения средств по всем вкладам потребитель получит следующее количество денежных средств:

$$F(X) = \sum_{j=1}^n b_j x_j.$$

Ставится задача: распределить средства по всем вкладам так, чтобы математическое ожидание $F(X)$ было бы наибольшим:

$$EF(X) = E\left(\sum_{j=1}^n b_j x_j\right) = \sum_{j=1}^n x_j E b_j.$$

В результате получаем математическую формализацию поставленной задачи:

$$\begin{cases} EF(X) = \sum_{j=1}^n x_j E b_j \rightarrow \max \\ \sum_{j=1}^n x_j = X \\ x_j \geq 0, j = 1, \dots, n \\ x_j - \text{целые}, j = 1, \dots, n \end{cases} \quad (1)$$

Имеем задачу линейного программирования, решение которой ищется в первом гипероктанте с ограничением по гиперплоскости, заданной уравнением $\sum_{j=1}^n x_j = X$.

Коэффициенты целевой функции равны $E b_j$ и положительны. Тогда решение приведенной выше задачи существует и, возможно, не единственное.

Дисперсия ожидаемого дохода равна $DF(X) = D\left(\sum_{j=1}^n b_j x_j\right) = \sum_{j=1}^n x_j^2 D b_j$, поскольку вклады

можно считать независимыми друг от друга, значит, величины b_j будут независимыми.

После построения распределения средств по вкладам и определения математического ожидания получаемого капитала необходимо построить доверительный интервал прогноза наращенного капитала. Поскольку распределение величины $F(X)$ дискретное, то мы можем рассматривать непрерывное приближение распределения этой величины с помощью разложения Корниша-Фишера [3, 4]

$$\begin{aligned} \Phi_{F(X)}^{-1}(q) \approx & \Phi_Z^{-1}(q) + \frac{\Phi_Z^{-1}(q)^2 - 1}{6} \kappa_3 + \frac{\Phi_Z^{-1}(q)^3 - 3\Phi_Z^{-1}(q)}{24} \kappa_4 - \\ & - \frac{2\Phi_Z^{-1}(q)^3 - 5\Phi_Z^{-1}(q)}{36} \kappa_3^2 + \frac{\Phi_Z^{-1}(q)^4 - 6\Phi_Z^{-1}(q)^2 + 3}{120} \kappa_5 - \\ & - \frac{\Phi_Z^{-1}(q)^4 - 5\Phi_Z^{-1}(q)^2 + 2}{24} \kappa_3 \kappa_4 + \frac{12\Phi_Z^{-1}(q)^4 - 53\Phi_Z^{-1}(q)^2 + 17}{324} \kappa_3^3 \end{aligned} \quad , (2)$$

где $\Phi_Z^{-1}(q)$ обозначает q -процентную квантиль случайной величины $Z \sim N(0,1)$ имеющей стандартное нормальное распределение, а κ – кумулянты случайной аппроксимируемой величины $F(X)$.

Приведем выражения для первых пяти кумулянтов:

$$\kappa_1 = \mu, \kappa_2 = \mu_2, \kappa_3 = \mu_3, \kappa_4 = \mu_4 - 3\mu_2^2, \kappa_5 = \mu_5 - 10\mu_3\mu_2$$

где μ – математическое ожидание случайной величины $F(X)$, а $\mu_2, \dots, \mu_5$ – центральные моменты этой величины.

Для того, чтобы при помощи выражения (2) аппроксимировать квантиль случайной величины $F(X)$, у которой математическое ожидание отлично от 0, а стандартное отклонение σ отлично от 1, необходимо предварительно произвести нормализацию $F(X^*) = \frac{F(X) - \mu}{\sigma}$.

Применив разложение Корниша-Фишера для вычисления q -процентной квантили $\Phi_{F(X^*)}^{-1}(q)$, можно затем вычислить q -процентную квантиль $\Phi_{F(X)}^{-1}(q)$ при помощи выражения

$$\Phi_{F(X)}^{-1}(q) = \Phi_{F(X^*)}^{-1}(q)\sigma + \mu.$$

Тогда доверительный интервал величины $F(X)$ примет вид:

$$\left(\Phi_{F(X)}^{-1}(1-q); \Phi_{F(X)}^{-1}(q) \right).$$

Естественно, левая граница полученного интервала может принять значение, меньшее величины стартового капитала, в этом случае заменяем левую границу величиной наращенного капитала при полученном распределении средств за один день.

Сложность решения поставленной задачи заключается в достаточно точном построении закона распределения величины ξ .

Рассмотрим пример решения поставленной задачи.

Пусть для упрощения вычислений в году 360 дней, значения величины ξ определены через каждые 30 дней и у потребителя находится сумма X величиной 100000 рублей.

Пусть закон распределения времени изъятия всех вкладов имеет вид, представленный в таблице 1.

Таблица 1 – Распределение времени изъятия вклада

ξ_i	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360
p_i	0,03	0,04	0,05	0,07	0,1	0,15	0,15	0,15	0,1	0,08	0,05	0,03

Пусть у потребителя имеется возможность выбора из 5 видов вкладов. Параметры для каждого вида вклада определены в таблице 2.

Таблица 2 – Виды и параметры вкладов

Номер вклада j	m_j	i_j	α_j
1	90	7%	3%
2	120	8%	2,5%
3	180	8,5%	2%
4	210	9%	2%
5	300	9,5%	3%

Проведя расчеты в MS Excel, получим следующую таблицу 3.

Таблица 3 – Математическое ожидание и дисперсия наращения единицы капитала по каждому вкладу

Номер вклада j	Eb_j	Db_j
1	1,036782	0,000255
2	1,038795	0,000352
3	1,035531	0,000411
4	1,034282	0,000577
5	1,025688	0,000608

Тогда задача (1) примет вид:

$$\begin{cases} 1,036782x_1 + 1,038795x_2 + 1,035531x_3 + 1,034282x_4 + 1,025688x_5 \rightarrow \max \\ x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 = 100000 \\ x_j \geq 0, j = 1, \dots, 5 \\ x_j - \text{целые}, j = 1, \dots, 5 \end{cases} \quad (3)$$

Решая эту задачу посредством пакета поиска решения в MS Excel, получаем следующее распределение средств по вкладам: $x_1 = 0$, $x_2 = 100000$, $x_3 = 0$, $x_4 = 0$, $x_5 = 0$ и ожидаемый доход от такого вложения равен 103879,48. Средне квадратическое отклонение этого дохода равно 1876,66.

Построим, например, 90% доверительный интервал. Произведя все необходимые расчеты с помощью MS Excel, получим: $\Phi_{F(X)}^{-1}(0,95) = 106890,91$. Левая граница интервала меньше исходного величины капитала. Поэтому ее заменим по ранее указанному правилу.

В результате 90% доверительный интервал для прогноза получаемого капитала будет иметь вид: (100208,3; 106890,91).

Поскольку решение задачи ищется на гиперплоскости, заданной уравнением

$$\sum_{j=1}^n x_j = X, \text{ то одним из возможных решений задачи, при отсутствии ограничений на размер}$$

вклада, будет вложение капитала потребителя в какой-то один из вкладов. Номер этого вклада будет зависеть от распределения времени изъятия вклада. Чем точнее будет определено это распределение, тем точнее будет определен номер вклада. В приведенном примере это второй вид вклада.

Предложенная постановка и решение задачи управления финансовыми ресурсами инвестора дает возможность реализовать их оптимальное распределение на микроуровне любой существующей финансовой системы. Полученные результаты, а также используемый для этого инструментарий, позволяют принимать и реализовывать научно обоснованные управленческие решения как на уровне индивидуального участника – потребителя предлагаемых кредитными организациями самых распространенных финансовых инструментов, так и на уровне самих кредитных организаций, непосредственно разрабатывающих и предлагающих на финансовом рынке инструменты для самой большого сектора своих контрагентов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Markowitz H. Portfolio selection // Journal of Finance, 1952. – V. 7. – P. 77-91.
2. Хацкевич В.Л., Хацкевич М.В. О вариационном подходе к моделям портфельного инвестирования // Современная экономика: проблемы и решения, 2011. – № 1. – С. 170-176.
3. Грищенко Ю.И. Портфель ценных бумаг: оценка доходности и риска // Справочник экономиста, 2009. – № 9.
4. Holton G.A. Value-at-Risk. Theory and Practice. – Academic Press, 2003.
5. Cornish E.A., Fisher R.A. Moments and cumulants in the specification of distribution // Review of the International Statistical Institute, 1937. – № 5. – P. 307-320.

Петров Алексей Аверьянович

Югорский государственный университет, г. Ханты-Мансийск

Кандидат физико-математических наук, доцент кафедры высшей математики

E-mail: a_petrov@ugrasu.ru

Аллаярова Нина Анатольевна

Югорский государственный университет, г. Ханты-Мансийск

Студентка 5 курса

E-mail: allayarka@mail.ru

A.A. PETROV (*Candidate of Physico-mathematical Sciences,
Associate Professor, Department of Higher Mathematics*)

N.A. ALLAYAROVA (*Student*)

Ugra State University, Khanty-Mansiysk

ON A PROBLEM OF CAPITAL MANAGEMENT OF THE CONSUMER

The article considers the problem of the most efficient capital distribution of an individual bank consumer in bank deposits. It appeared to be possible to deduce the solution of the problem from the point of view of obtaining maximal mathematical expectation of accumulated capital, proceeding from time distribution of withdrawal a deposit.

Keywords: bank deposits; mathematical expectation.

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Markowitz H. Portfolio selection // Journal of Finance, 1952. – V. 7. – P. 77-91.
2. Haczkevich V.L., Haczkevich M.V. O variacionnom podxode k modelyam portfel'nogo investirovaniya // Sovremennaya e'konomika: problemy' i resheniya, 2011. – № 1. – S. 170-176.
3. Grishhenko Yu.I. Portfel' cenny'x bumag: oценка doxdnosti i riska // Spravochnik e'konmista, 2009. – № 9.
4. Holton G.A. Value-at-Risk. Theory and Practice. – Academic Press, 2003.
5. Cornish E.A., Fisher R.A. Moments and cumulants in the specification of distribution // Review of the International Statistical Institute, 1937. – № 5. – P. 307-320.

А.А. ПОЛЯКОВ, Е.А. ЧУПРИКОВА

**УСЛУГА КАК ОСНОВА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
ИТ-КОМПАНИЙ**

Рассмотрены сущность, структура и особенности оказываемой категории «услуга» в ИТ-секторе рынка и управлении компанией. В статье исследовались инструменты и методы менеджмента предприятий в ИТ-секторе и, в первую очередь, виртуализация ресурсов предприятий как основа повышения эффективности управления.

Ключевые слова: информационные технологии; услуга; ИТ-услуга; аутсорсинг; виртуализация; облачные технологии; поставщик услуг; система управления; эффективность управления.

Новый этап развития технологической базы информационных технологий породил большое количество новых сервисов, ранее не использовавшихся в практике деятельности компаний, что поставило на повестку дня необходимость подробного анализа возможностей существующих методов управления в менеджменте, в частности, широко используемого в ИТ-отрасли (аутсорсинга) как основного инструмента оказания и потребления ИТ-услуг. Поскольку основным методом менеджмента в ИТ-секторе является проектный (или в наших реалиях программно-целевой), а аутсорсинг и внешний, и внутренний составляет от 70 до 80 процентов выполняемого объема работ, рассмотрение особенностей аутсорсинга с позиций его влияния на организацию управления и эффективность деятельности организации, на наш взгляд, является актуальным и своевременным. Необходимо также отметить, что возрастающая роль ИТ-технологий не только в экономике, но и во всех сферах жизни общества, это общеизвестный факт, теперь же на повестке дня вопросы организации эффективного их использования и выстраивания методических подходов к управлению организациями в максимальном объеме, использующих в своей деятельности высокие технологии, что, в свою очередь, требует анализа особенностей инструментов менеджмента в ИТ-компаниях: изменения в автоматизированных системах управления (АСУ); формирование бизнес-процессов; различных видов аутсорсинга и инсорсинга.

Для проведения анализа в бурно развивающемся сегменте необходимо уточнение терминологического и понятийного аппарата. Понятие термина «услуги» в экономической литературе определяется двумя различными подходами¹:

1. Определение услуг, основанное на противопоставлении товаров, связано с принципиальными различиями между этими экономическими объектами.

– Филипп Котлер определил услугу как «любую деятельность, которую одна сторона может предложить другой; неосоздаемое действие, не приводящее к владению чем-либо»; «услуги – объекты продажи в виде действий, выгод или удовлетворений»²;

– Р. Малери: «услуги – нематериальные активы, производимые для целей сбыта»³;

– Макконел К.Р., Брю С.Л. дают определение: «Услуга – то, что неосоздаемо (невидимо) и в обмен на что потребитель, фирма или правительство готовы предоставить что-либо ценное»⁴;

– К. Гренроос определил услугу как процесс, состоящий из серии действий, которые происходят при взаимодействии покупателя и поставщика услуг. Этот процесс направлен на решение проблем покупателя услуги⁵.

¹ Постникова Е.В. Понятие услуги в праве Европейского Союза // Журнал зарубежного законодательства и сравнительного правоведения. – М., 2008, Вып. 3. – С. 135-144

² Маркетинг-менеджмент. 11-е изд. / Ф. Котлер. – СПб.: Питер, 2003. – 475 с.

³ Ворачек Х. О состоянии «теории маркетинга услуг» // Проблемы теории и практики управления. № 1. 2002.

⁴ Макконел К.Р., Брю С.Л. Экономикс: принципы, проблемы и политика: В 2-х т. Т.2.: Пер. с 13-го англ. – М.: ИНФРА-М, 2001. – 34 с.

⁵ Gronroos C. Service management and marketing. West Sussex, 2000.

2. В основе второго подхода лежит критерий «изменения».

– Т.П. Хилл определяет термин «услуга» так: «Услуга может быть определена как изменение в условиях лица или товара, принадлежащего какой-либо экономической единице, которое является результатом деятельности какой-либо другой экономической единицы с предварительного согласия первого лица или экономической единицы».⁶

Выводом из приведенных определений является отсутствие единого понятия услуги в научной литературе, сложность и противоречивость свойств услуги, изменчивый, динамичный характер услуги.

Формирование понятия услуги в ИТ-секторе сталкивается с еще большим количеством сложностей, поскольку динамичность и сложность услуги необходимо соотносить с постоянно развивающимися технологическими возможностями ИТ.

Проанализируем нормы законодательства:

1. В Федеральном законе от 27.07.2006 №149 «Об информации, информатизации и защите информации»⁷ приведены следующие определения:

– Информация – сведения (сообщения, данные) независимо от формы их представления;

– Информационные технологии – процессы, методы поиска, сбора, хранения, обработки, предоставления, распространения информации и способы осуществления таких процессов и методов.

2. В Федеральном законе «Об участии в международном информационном обмене» (утратил силу с вступлением ФЗ №149)⁸ приведены следующие определения:

– Информационные продукты (продукция) – документированная информация, подготовленная в соответствии с потребностями пользователей и предназначенная или применяемая для удовлетворения потребностей пользователей;

– Информационные услуги – действия субъектов (собственников и владельцев) по обеспечению пользователей информационными продуктами;

– Информационные ресурсы – отдельные документы и отдельные массивы документов, документы и массивы документов в информационных системах (библиотеках, архивах, фондах, банках данных, других видах информационных систем).

3. «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Информационно-библиотечная деятельность, библиография. Термины и определения. ГОСТ 7.0-99»⁹ определяет следующие термины:

– Информация – сведения, воспринимаемые человеком и (или) специальными устройствами как отражение фактов материального или духовного мира в процессе коммуникации;

– Информационная технология – совокупность методов, производственных процессов и программно-технических средств, объединенных в технологический комплекс, обеспечивающий сбор, создание, хранение, накопление, обработку, поиск, вывод, копирование, передачу и распространение информации;

– Информационная услуга – предоставление информации определенного вида потребителю по его запросу;

– Информационная продукция – документы, информационные массивы, базы данных и информационные услуги, являющиеся результатом функционирования информационных систем.

⁶ Hill T.P. On goods and services // Review of Income and Wealth. – V. 23. (December 1977). – P. 315-338.

⁷ Федеральный закон Российской Федерации от 27.07.2006 №149 «Об информации, информатизации и защите информации».

⁸ Федеральный закон Российской Федерации от 5 июня 1996 года № 85-ФЗ (в ред. Федеральных законов от 30.06.2003 N 86-ФЗ, от 29.06.2004 N 58-ФЗ).

⁹ ГОСТ 7.0-99 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Информационно-библиотечная деятельность, библиография. Термины и определения.

4. В Главе 39 «Возмездное оказание услуг» статьи 779-783 Гражданского Кодекса Российской Федерации¹⁰ упоминаются информационные услуги:

– Ст. 779 п. 2. Правила настоящей главы применяются к договорам оказания услуг связи, медицинских, ветеринарных, аудиторских, консультационных, информационных услуг, услуг по обучению, туристическому обслуживанию и иных, за исключением услуг, оказываемых по договорам, предусмотренных главами 37, 38, 40, 41, 44, 45, 46, 47, 49, 51, 53.

Профессор А.В. Нестеров высказывает мнение, что составные части понятия «информационная услуга» «информация» и «услуга» до сих пор не имеют общепризнанного подхода определения их ни в науке в целом, ни в правовой доктрине. Также он утверждает, что услуга как экономический и юридический объект несут в себе разную смысловую нагрузку. «В экономике услугу считают разновидностью товара. В гражданском праве услуга есть объект гражданских прав».¹¹ Он определяет услугу как «объект гражданских прав и товарную категорию. Информационная услуга как объект гражданских прав представляет собой юридический объект, характеризующий юридические взаимодействия услугополучателя и услугодателя в рамках договора оказания услуг, в котором определены права, обязанности и ответственность взаимодействующих лиц. Информационная услуга как товарная категория содержит в себе некоторый информационный продукт, выраженный в виде определенных действий или определенной деятельности над информационным объектом, в частности, информационными ресурсами».¹²

Отсутствие адекватной, приемлемой методической и правовой базы ИТ-услуг и управления ими привело к тому, что компании сами стали формировать корпоративные стандарты (компании HP, Microsoft и др.) и в рамках отрасли выработали лучшие практики: ITIL (Information Technology Infrastructure Library), ITSM (Information Technology Service Management), CobiT (Control Objectives for Information and Related Technology) и другие. В настоящий момент в ИТ-сегменте наиболее распространена практика ITIL. Приведем определение согласно библиотеке ITIL¹³:

ИТ-услуга (ИТ-сервис) IT Service – ИТ-услуга, предоставляемая одному или многим Заказчикам Поставщиком ИТ-услуг. ИТ-услуга базируется на использовании информационных технологий и поддерживает Бизнес-процессы Заказчика. ИТ-услуга включает в себя людей, процессы, технологии и должна быть определена в Соглашении об уровне услуг (SLA).

Соглашение об уровне обслуживания (Service Level Agreement – SLA) – разъяснение и документирование согласованных ожиданий в отношении ИТ-услуг, предоставляемых бизнес-компаниями. Соглашения заключаются между бизнес-подразделениями и ИТ¹⁴.

В настоящее время технологическая база позволяет организовать ИТ-услуги, для которых описанные выше понятия не работают, причин здесь несколько, но основная состоит в том, что сложились условия, при которых компании для сохранения конкурентоспособности на рынке необязательно для реализации нового функционала закупать программный или аппаратный комплекс или их вместе для получения нового функционала, а также создавать необходимую для него технологическую базу, а достаточно лишь сделать запрос на получение данной услуги по требованию на определенный срок у поставщика данной услуги. При этом компания-потребитель услуги не изменяет собственную инфраструктуру и сервисы, которые были на момент запроса услуги, а получает от поставщика новый сервис, который доступен на собственной инфраструктуре. Компания-поставщик может быть специализированной или обычной, но должна использовать виртуализацию собственных ресурсов, предоставляя услугу и вместе с ней на

¹⁰ Гражданский кодекс Российской Федерации. Часть вторая

¹¹ Нестеров А.В. Философия информационных услуг // НТИ. Сер. 1. – 2005. – №12. – С. 1-7.

¹² Нестеров А.В. Философия информационных услуг // НТИ. Сер. 1. – 2005. – №12. – С. 1-7.

¹³ ITIL® V3 Glossary Russian Translation. – V. 92, 2009.

¹⁴ Microsoft Operations Framework [Электронный ресурс]. – URL: <http://technet.microsoft.com/> (дата обращения: 04.06.2012).

срок оказания услуги часть своей материально-технической базы как бы аренду, при этом техническое обслуживание остается за поставщиком.

Рассмотрим более подробно новые технологические возможности, позволяющие организовать доступ потребителя к сервисам с предоставлением ему ограниченных прав на материально-техническую базу. В 2000-х годах для оптимизации затрат на ИТ-инфраструктуру стал широко использоваться новый технологичный метод – виртуализация. Виртуализация стала основным направлением развития ИТ: практически все мировые ведущие ИТ-поставщики разрабатывают решения в рамках данной концепции, аналитики прогнозируют дальнейший рост этого направления.

Развитие технологической базы привело к изменению основного инструмента в ИТ-менеджменте – аутсорсинга. Виртуализация позволяет отделить логический процесс от физического способа его реализации, что требует изменений и в методах управления. Уточним определение виртуализации: Gartner, Inc. виртуализацию определяют как создание пула ресурсов для их автоматического распределения и совместного использования.

До широкого использования технологии виртуализации производились значительные траты на ИТ-инфраструктуру (например, внедрение новых прикладных систем сопровождалось закупкой дополнительных серверных единиц).

В настоящее время можно выделить следующие задачи, решаемые технологией виртуализации:

- Повышение эффективности использования аппаратных и программных средств;
- Снижение капитальных и эксплуатационных затрат;
- Повышение доступности и производительности корпоративных приложений;
- Снижение затрат на управление и поддержку информационных систем;
- Обеспечение высокой надежности и доступности систем.

Следующим этапом развития рынка услуг на новой технологической базе и виртуализации ресурсов стали методы, основанные на облачных технологиях. Стоит отметить, что объем рынка, занимаемого ими, лавинообразно растет.

В последние годы (с 2007-2008 гг.) сформировались технологические возможности для новых форм предоставления ИТ-услуг – это так называемые Cloud (облачные технологии). По определению Национального Института Стандартов и Технологии США (NIST), официально принятому правительством США¹⁵, «облачные технологии – это модель предоставления возможности удобного, осуществляемого по запросу пользователя сетевого доступа к общему фонду настраиваемых вычислительных ресурсов (таких, как сети, сервера, хранилища данных, программные приложения и услуги), которые могут быть быстро предоставлены и выделены с минимальными управленческими усилиями или взаимодействием с провайдером услуг».

Возможность предоставления информационных технологий во временное пользование в качестве облачной услуги создало практически новое направление на ИТ-рынке, которое открывает новые возможности для разных игроков ИТ-рынка. У поставщиков услуг появляются новые возможности: у разработчиков программного обеспечения – предоставление программного обеспечения в виде услуги (SaaS), у хостинг-провайдеров – предоставление ИТ-инфраструктуры в виде услуги (IaaS), у ИТ-вендоров и системных интеграторов – новый рынок для построения облаков, оказание услуг по интеграции облачных решений с существующей инфраструктурой пользователя и многое другое.

Облачные технологии как концепция обычно включает в себя разделы:

- XaaS – «Все как услуга»;
- IaaS (Infrastructure-as-a-Service) – «Инфраструктура как услуга». Провайдер выделяет виртуальные машины с уникальными IP-адресами, хранилище данных и

¹⁵ Mell P., Grance T. The NIST Definition of Cloud Computing [Электронный ресурс]. – URL: <http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-145/SP800-145.pdf> (дата обращения: 04.06.2012)

дополнительные сервисы, облегчающие развертывание информационных систем. Пример Amazon EC2;

– Paas (Platform-as-a-Service) – «Платформа как услуга». Провайдер выделяет место для размещения пользовательских приложений и свой API. Типичный пример: Windows Azure, облачная OS от Microsoft;

– Saas (Software-as-a-Service) – «Программное обеспечение как услуга». Провайдер предоставляет свое приложение. Пользователь использует данное программное обеспечение в своих нуждах, у сторонних разработчиков есть возможность создавать плагины;

– Daas (Data-as-a-Service) – «Данные как услуга» Согласно документу IEEE¹⁶, опубликованному в 2008 году, «Облачная обработка данных — это парадигма, в рамках которой информация постоянно хранится на серверах в интернете и временно кэшируется на клиентской стороне, например, на персональных компьютерах, игровых приставках, ноутбуках, смартфонах и т. д.»¹⁷;

– Waas (Workplace-as-a-Service) – «Рабочее место как услуга» и другие.

Лаборатория информационных технологий Национального института стандартов и технологий США (NIST)¹⁸ определила модели развертывания облаков:

1. Частное (private) – облачная инфраструктура обслуживает лишь одну организацию и может управляться самой организацией или третьей стороной, а также может располагаться на стороне потребителя и у внешнего провайдера. Частное облако может быть внешним и внутренним в зависимости от того, кто управляет инфраструктурой;

2. Облако сообщества (community) – облачная инфраструктура обслуживает группу организаций, разделяющих общие принципы, может управляться самой организацией или третьей стороной, а также может располагаться на стороне потребителя и у внешнего провайдера;

3. Гибридное (hybrid) – облачная инфраструктура строится из нескольких компонент, каждая из которых может относиться к любой из моделей развертывания. Обмен данными между компонентами осуществляется с помощью стандартизированных или проприетарных технологий;

4. Публичное (public) – облачная инфраструктура является общедоступной или доступной группе людей, принадлежащих к одной области деятельности (в облако входят специфичные для этой индустрии приложения). Находится во владении организации, продающей соответствующие облачные услуги или предоставляющей облачные сервисы.

Услуги на базе облачных технологий относят к аутсорсингу, но, как нами отмечалось выше, это более широкое понятие и новый по своей сути инструмент менеджмента, отличительной особенностью которого является использование или виртуализация ресурсов собственной материально-технической базы или создание специализированных «облаков» для оказания подобного рода услуг. Подтверждением того, что облачные сервисы – это не традиционный аутсорсинг, является появление новых ролей участников процесса предоставления ИТ-услуги (облачный брокер, облачный аудитор и т.д.), также требующие уточнения понятийного аппарата и методического обеспечения в этом направлении¹⁹:

1. Облачный Потребитель (Cloud Consumer) – лицо или организация, которая поддерживает бизнес-отношения и использует услуги Облачных Провайдеров;

2. Облачный Провайдер (Cloud Provider) – лицо, организация или сущность, которая обеспечивает доступность облачной услуги для Облачных Потребителей;

¹⁶ Institute of Electrical and Electronics Engineers - Институт инженеров по электротехнике и электронике международная некоммерческая ассоциация специалистов в области техники, мировой лидер в области разработки стандартов по радиоэлектронике и электротехнике.

¹⁷ IEEE Computer society, «ORGs for Scalable, Robust, Privacy-Friendly Client Cloud Computing», [Электронный ресурс]. URL: <http://www.computer.org/portal/web/csdl/doi/10.1109/MIC.2008.107> (Дата обращения: 04.06.2012)

¹⁸ Mell P., Grance T. The NIST Definition of Cloud Computing [Электронный ресурс]. URL: <http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-145/SP800-145.pdf> (Дата обращения: 04.06.2012)

¹⁹ Hogan M., Liu F., Sokol A., Tong J. NIST Cloud Computing Standards Roadmap [Электронный ресурс]. URL: http://collaborate.nist.gov/twiki-cloud-computing/pub/CloudComputing/StandardsRoadmap/NIST_SP_500-291_Jul5A.pdf (Дата обращения: 04.06.2012)

3. Облачный Брокер (Cloud Broker) – сущность, управляющая использованием, производительностью и предоставлением облачных услуг. Устанавливает отношения между Облачными Провайдерами и Облачными Потребителями;

4. Облачный Оператор Связи (Cloud Carrier) – посредник, предоставляющий услуги подключения и транспорта облачных услуг от Облачных Провайдеров к Облачным Потребителям;

5. Облачный Аудитор (Cloud Auditor) – лицо или организация, которая выполняет независимую оценку облачных услуг/сервисов, обслуживания информационных систем, производительности и безопасности реализации облака.

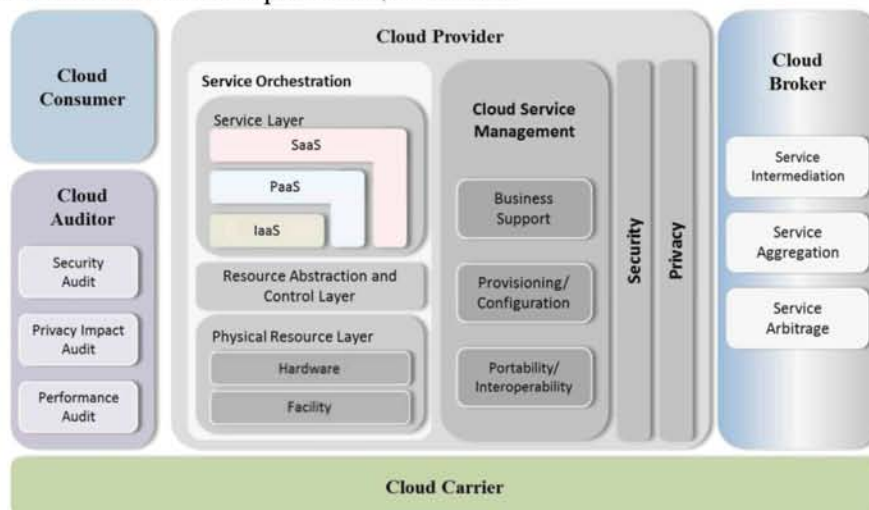


Рисунок 1 – Модель взаимодействия между ролями участников процесса предоставления облачной ИТ-услуги²⁰

Рассмотрим процесс взаимодействия между ролями участников процесса предоставления облачной ИТ-услуги:

1. Облачный Потребитель получает услугу у Облачного Провайдера или у Облачного Брокера;

2. Облачный Провайдер предоставляет услугу Облачному Потребителю;

3. Облачный Брокер выступает как оператор связи, передает услугу Облачному Провайдеру, а также предоставляет услугу Облачному Потребителю;

4. Облачный Аудитор проводит сбор информации об участниках процесса предоставления услуги: Облачный Потребитель, Облачный Провайдер и Облачный Брокер.

Облака позволяют среднему и малому бизнесу получить доступ к современным, дорогостоящим технологиям. Поскольку облака позволяют гибко изменять информационную инфраструктуру, получить дорогостоящий продукт в аренду по невысокой цене, управление облачными услугами прозрачнее, меньше накладных и скрытых расходов.

Таким образом, на первое место выходит организация управления компанией поставщиком и организация надежности и собственной безопасности для потребителей подобных услуг, например, для ИТ-компании поставщика постоянно требуется определять, когда ресурс является для ИТ-компании услугой, а когда товаром, и наоборот. При процессном методе управления постоянно будут меняться границы бизнес-процессов и это необходимо автоматически фиксировать, но при этом будут меняться и роли структурных подразделений, также, как и отдельных сотрудников. Переход от одной модели предоставления ИТ-услуг к другой осуществляется в режиме реального времени. Компания-потребитель ИТ-услуги определяет, какая из моделей наиболее эффективна в текущей ситуации на рынке.

²⁰US Government Cloud Computing Technology Roadmap, Release 1.0 (Draft), Volume II Useful Information for Cloud Adopters [Электронный ресурс]. – URL: http://www.nist.gov/itl/cloud/upload/SP_500_293_volumeII.pdf (дата обращения: 04.06.2012)

Исходя из описанной выше ситуации, в данной работе под ИТ-услугой предлагается понимать предоставление необходимых сервисов потребителю с предоставлением ему ограниченных прав на материально-техническую базу.

В аналитических материалах все чаще используется такое понятие, как сорсинг, под которым понимают динамическое предоставление внутренних и внешних, деловых или ИТ-ориентированных ресурсов и сервисов для достижения целей организации.

Перечисленные особенности предопределены трудностями развития рынка аутсорсинговых ИТ-услуг: разрыв между возможностями бизнеса и методической и нормативно-законодательной базой для организации процесса управления, что требует проведения исследования нормативной базы ИТ-аутсорсинга, классификации видов договоров аутсорсинга, определения систем управления ИТ-услугами и другое.

В целом предпринятая нами попытка рассмотреть в комплексе проблемы возможностей новой технологической базы оказания ИТ-услуг на основе виртуализации, облачных технологий и последствий, связанных с их использованием для методов управления, представляется продуктивной и оправданной. Отмеченные в работе особенности аутсорсинга как основного инструмента ИТ-менеджмента позволяют наметить основные методические и нормативные направления для исследований и изменений в практике применения различных методов сорсинга. Дополнительного и подробного рассмотрения требует феномен, названный в работе «динамическая структура» управления организацией. Она тянет за собой изменение в организации всех блоков управления: финансирование (бюджетирование) и контроль (контроллинг), уточнение оперативного учета выполненных работ, учет материальных и нематериальных активов, формирование и контроль реализации бизнес-процессов и многое другое.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bateson J. Managing services marketing. United States of America, 1995.
2. Hill T.P. On goods and services // Review of Income and Wealth. – V. 23 (December 1977). – P. 315-338.
3. IEEE Computer society, «ORGs for Scalable, Robust, Privacy-Friendly Client Cloud Computing», [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.computer.org/portal/web/csdl/doi/10.1109/MIC.2008.107> (дата обращения: 04.06.2012)
4. Gronroos C. Service management and marketing. West Sussex, 2000.
5. Microsoft Operations Framework [Электронный ресурс]. – URL: <http://technet.microsoft.com/> (дата обращения: 04.06.2012)
6. National Institute of Standard and Technology [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.nist.gov/index.html> (дата обращения: 04.06.2012)
7. Hogan M., Liu F., Sokol A., Tong J. NIST Cloud Computing Standards Roadmap [Электронный ресурс]. – URL: http://collaborate.nist.gov/twiki-cloud-computing/pub/CloudComputing/StandardsRoadmap/NIST_SP_500-291_Jul5A.pdf (дата обращения: 04.06.2012)
8. Mell P., Grance T. The NIST Definition of Cloud Computing [Электронный ресурс]. – URL: <http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-145/SP800-145.pdf> (дата обращения: 04.06.2012)
9. Ворачек Х. О состоянии «теории маркетинга услуг» // Проблемы теории и практики управления. – № 1, 2002.
10. ГОСТ 7.0-99 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Информационно-библиотечная деятельность, библиография. Термины и определения.
11. Гражданский кодекс Российской Федерации. Часть вторая.
12. Колесов А. Технологии виртуализации – что это такое [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.bytemag.ru/articles/detail.php?ID=14808> (дата обращения: 04.06.2012)
13. Маркетинг-менеджмент. – 11-е изд. / Ф. Котлер. – СПб.: Питер, 2003. – 475 с.
14. Макконел К.Р., Брю С.Л. Экономикс: принципы, проблемы и политика: в 2-х т. – Т. 2.: пер. с 13-го англ. изд. – М.: ИНФРА-М, 2001.
15. Нестеров А.В. Философия информационных услуг // НТИ. Сер. 1, 2005. – № 12. – С. 1-7.
16. Постникова Е.В. Понятие услуги в праве Европейского Союза // Журнал зарубежного законодательства и сравнительного правоведения. – М., 2008. – Вып. 3. – С. 135-144.

17. Федеральный закон Российской Федерации от 5 июня 1996 года № 85-ФЗ (утратил силу).
18. Федеральный закон от 27.07.2006 года № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации». Российская газета, 2006. – № 16.

Поляков Александр Александрович

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва

Доктор технических наук, профессор

E-mail: Polyakov@spa.msu.ru

Чуприкова Елена Александровна

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва

Аспирант кафедры теории и технологий управления факультета государственного управления

E-mail: Chuprikova@spa.msu.ru

A.A. POLYAKOV (*Doctor of Engineering Sciences, Professor*)

E.A. ChUPRIKOVA (*Post-graduate student of the department «Theory and Technology Management Faculty of Public Administration»*)

Lomonosov Moscow State University

SERVICE AS A BASIS OF ECONOMIC ACTIVITY IT COMPANIES

In the article we reviewed the content, the structure and specific properties of the «service» category being provided in IT-sector of the market and in the company governance. The article explored the tools and methods of governance in companies of IT-sector and it primarily explored the virtualization of companies' resources as a basis for efficiency improvement of governing.

Keywords: *information technology; service; IT-service; outsourcing; virtualization; cloud computing; service provider; system of management; efficiency of management.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Bateson J. Managing services marketing. United States of America, 1995.
2. Hill T.P. On goods and services // Review of Income and Wealth. – V. 23 (December 1977). – P. 315-338.
3. IEEE Computer society, «ORGs for Scalable, Robust, Privacy-Friendly Client Cloud Computing», [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.computer.org/portal/web/csdl/doi/10.1109/MIC.2008.107> (data obrashheniya: 04.06.2012)
4. Gronroos C. Service management and marketing. West Sussex, 2000.
5. Microsoft Operations Framework [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://technet.microsoft.com/> (data obrashheniya: 04.06.2012)
6. National Institute of Standard and Technology [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.nist.gov/index.html> (data obrashheniya: 04.06.2012)
7. Hogan M., Liu F., Sokol A., Tong J. NIST Cloud Computing Standards Roadmap [E'lektronny'j resurs]. – URL: http://collaborate.nist.gov/twiki-cloud-computing/pub/CloudComputing/StandardsRoadmap/NIST_SP_500-291_Jul5A.pdf (data obrashheniya: 04.06.2012)
8. Mell P., Grance T. The NIST Definition of Cloud Computing [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-145/SP800-145.pdf> (data obrashheniya: 04.06.2012)
9. Vorachek X. O sostoyanii «teorii marketinga uslug» // Problemy' teorii i praktiki upravleniya. – № 1, 2002.
10. GOST 7.0-99 Sistema standartov po informacii, biblioteknomu i izdatel'skomu delu. Informacionno-bibliotekhnaya deyatel'nost', bibliografiya. Terminy' i opredeleniya.
11. Grazhdanskij kodeks Rossijskoj Federacii. Chast' vtoraya.
12. Kolesov A. Teknologii virtualizacii – chto e'to takoe [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.bytemag.ru/articles/detail.php?ID=14808> (data obrashheniya: 04.06.2012)
13. Marketing-menedzhment. – 11-e izd. / F. Kotler. – SPb.: Piter, 2003. – 475 s.
14. Makkonel K.R., Bryu S.L. E'konomiks: principy', problemy' i politika: v 2-x t. – T. 2.: per. s 13-go angl. izd. – M.: INFRA-M, 2001.
15. Nesterov A.V. Filosofiya informacionny'x uslug // NTI. Ser. 1, 2005. – № 12. – S. 1-7.
16. Postnikova E.V. Ponatie uslugi v prave Evropejskogo Soyuza // Zhurnal zarubezhnogo zakonodatel'stva i sravnitel'nogo pravovedeniya. – M., 2008. – Vy'p. 3. – S. 135-144.
17. Federal'ny'j zakon Rossijskoj Federacii ot 5 iyunya 1996 goda № 85-ФЗ (utratil silu).
18. Federal'ny'j zakon ot 27.07.2006 goda № 149-ФЗ «Ob informacii, informacionny'x texnologiyax i o zashhite informacii». Rossijskaya gazeta, 2006. – № 16.

УДК 658.512.6

А.А. СТЫЧУК, М.В. ПОСТНИКОВ

АКТУАЛЬНОСТЬ И ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СВОБОДНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОКАЗАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ УСЛУГ НАСЕЛЕНИЮ

В данной статье рассматривается актуальность применения свободного программного обеспечения для оказания электронных услуг населению, а также выявляются проблемы при его внедрении и сопровождении.

Ключевые слова: свободное программное обеспечение; электронные услуги населению; электронное правительство.

Электронные услуги населению (ЭУН) являются составной частью электронного правительства – способа предоставления информации и оказания уже сформировавшегося набора государственных услуг гражданам, бизнесу, другим ветвям государственной власти и государственным чиновникам, при котором личное взаимодействие между государством и заявителем минимизировано и максимально возможно используются информационные технологии.

Концепция электронного правительства была утверждена 6 мая 2008 года Правительством России. Его задачами являются:

- эффективное и менее затратное администрирование;
- кардинальное изменение взаимоотношений между обществом и правительством;
- совершенствование демократии и повышение ответственности власти перед народом.

Кроме оказания услуг для граждан и организаций в основные задачи инфраструктуры электронного правительства входит построение информационно-аналитических систем для повышения эффективности государственного управления, мониторинга социально-экономического развития, управления ходом выполнения приоритетных национальных задач (условное название ГАС «Управление»), то есть затрагиваются существенные вопросы совершенствования и административной реформы государственного управления в России.

В рамках программы по развитию электронного правительства предлагается обсудить перспективы внедрения и использования свободного программного обеспечения (СПО) – широкого спектра программных решений, в которых права пользователя («свободы») на неограниченную установку, запуск, а также свободное использование, изучение, распространение и изменение (совершенствование) [11] программ защищены юридически авторскими правами при помощи свободных лицензий. Обычно СПО доступно без всякой оплаты, но может иметь цену, например, в форме взимания платы за компакт-диски или другие носители. Чтобы распространяемое ПО было свободным, получателям должны быть доступны его исходные коды, из которых можно получить исполняемые файлы, с соответствующими лицензиями.

АКТУАЛЬНОСТЬ ВВЕДЕНИЯ ПОДДЕРЖКИ СПО ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ЭУН

Со стороны президента России Д.А. Медведева не раз звучали предложения о создании в России свободного программного обеспечения (СПО). Так, в сентябре 2010 года на встрече с главой «Ростехнологий» Сергеем Чemezовым Дмитрий Анатольевич упомянул, что, ещё будучи членом кабинета министров, он занимался этим вопросом: «Тогда мы подготовили некоторые программы и передали их в школы и университеты. Это дело пошло, тем более, что наши образовательные структуры тратят большие деньги, сотни миллионов долларов в годовом исчислении на приобретение программных продуктов у основных грандов производства. Это не всегда правильно, тем более, что так называемое свободное программное обеспечение по своему качеству не хуже, а зачастую интерфейсом даже

удобнее для общения и для того, чтобы работать» [5]. Примерно в это же время было принято решение о создании отечественной ОС с открытым кодом.

Первые результаты по разработке национальной операционной системы с открытым кодом были представлены 1.10.2011, когда компания «Пингвин Софтвер», выигравшая тендер на создание новой операционной системы (ОС), оповестила Минкомсвязи о готовности сдать задание – разработанную ОС МСВСфера. Однако после этого результаты работы были засекречены в связи с тем, что русская ОС на деле оказалась почти копией дистрибутива американской Red Hat Linux, в которой было изменено всего 8 пакетов из примерно 2000, входящих в состав ОС. Её исходные коды в настоящее время закрыты, а единственным владельцем прав в нарушение GNU GPL объявлен ВНИИНС (Всероссийский научно-исследовательский институт автоматизации управления в непромышленной сфере им. В.В. Соломатина) (упоминания о предыдущих разработчиках также убраны, хотя такое упоминание является обязательным требованием в лицензии).

Первое широкое применение «русская ОС» получила при организации трансляции с избирательных участков на выборах президента 04.03.2012. Однако подробности работы с системой МСВСфера остались неизвестны в связи с подписанным участниками договором о неразглашении.

После этого серьезных проектов по развитию ПО с открытым кодом для сайтов госучреждений, предоставления ЭУН, электронного правительства, документооборота и т.п. не планировалось, несмотря на то, что Правительство РФ распоряжением от 17 декабря 2010 г. № 2299-р утвердило план перехода федеральных органов исполнительной власти и федеральных бюджетных учреждений на использование свободного программного обеспечения на 2011-2015 годы [7], с 1 января 2012 года действует ГОСТ Р 54593-2011 «Информационные технологии. Свободное программное обеспечение. Общие положения»[8].

Таким образом, можно сделать вывод, что государство заинтересовано в поддержке такого ПО, но предпринимаемые действия в этом направлении являются неэффективными. В связи с этим следует актуальность работы по внедрению СПО в работу органов государственной власти и при оказании ЭУН.

Отдельно стоит рассмотреть один из основных вопросов, рассматриваемых при переводе работы госструктур на СПО – это финансовый аспект.

По сообщению пресс-службы Правительства РФ в бюджете на 2012-2014 годы на реализацию электронного правительства в России запланировано выделение 181 миллиарда рублей, в том числе, предусмотрено 67,4 миллиарда рублей на использование информационных технологий органами власти в 2012 году [1]. Таким образом, на развитие электронного правительства государством выделяются достаточные средства, но существует проблема целевого расходования средств. Например, сайт Федерального казначейства был разработан за 82 390 032 рублей [2], работы по его созданию велись ООО «ИБС Экспертиза» – единственной компанией, подававшей заявку на участие в конкурсе. Причиной тому стали очень жёсткие условия тендера, по которым исполнитель контракта на создание сайта должен был иметь в своём составе более 17 специалистов с конкретно-указанной квалификацией, что, по мнению авторов, являлось простым перечислением работников «ИБС Экспертиза».

При проведении тендера по более приемлемым условиям с возможностью конкуренции между исполнителями, а также при использовании СПО, стоимость разработки, по мнению экспертов, возможно было бы снизить в 100 и более раз. Отсюда можно сделать вывод, что использование ПО с открытым кодом и проведение открытых тендеров, доступных более, чем одной компании может значительно сэкономить деньги Федерального и регионального бюджетов.

Во избежание нецелевого расходования бюджетных средств предлагается разработать программу, по которой всё программное обеспечение, разрабатываемое для государственных учреждений по госзаказу, должно быть свободным и иметь открытый исходный код.

Аргументами в защиту этого утверждения являются:

- ПО, разрабатываемое для госучреждений по госзаказу, финансируется из бюджетных средств, следовательно, из средств налогоплательщиков, поэтому это ПО должно принадлежать населению страны.

- стоимость разработки этого ПО будет существенно снижена, потому что исходный код будет представлен общественности, что значительно усложнит его разработку за деньги, значительно превышающие написание подобного кода другими компаниями, в его создании будут заинтересованы коммерческие организации, которые будут софинансировать его разработку.

- это ПО будет иметь развитие вне зависимости от того, будет ли продолжать участвовать в его развитии государство или нет, потому что любой разработчик сможет участвовать в его разработке, делая свой посильный вклад в его развитие.

Удачным примером внедрения программного обеспечения для оказания ЭУН является опыт правительства Великобритании, запустившего полностью открытую платформу электронного правительства gov.uk [3].

Архитектура платформы создана с учетом ее работы в облачном сервисе, причем в качестве провайдера облачной инфраструктуры выбран AWS (англ. Amazon Web Services) – инфраструктура веб-сервисов платформы в облаке, представленная компанией Amazon в начале 2006 года [4]. То есть система будет работать в публичном центре данных, при этом будут соблюдены все требования к защите данных.

Система написана на языке Ruby, её код полностью открыт и выложен для общего ознакомления под лицензией MIT (англ. MIT License) – лицензией свободного программного обеспечения разработанной Массачусетским технологическим институтом (МТИ), что позволяет его использовать практически в любых типах проектов (коммерческих или публичных).

В качестве операционной системы для EC2 серверов используется операционная система Ubuntu, в качестве базы данных – MySQL и MongoDB. Провайдером почтовых сервисов выбраны Amazon SES и Gmail, DNS провайдером Dyn.com

Таким образом, используя открытые и доступные технологии, правительство Великобритании добилось открытости, прозрачности работы, повышения доверия и популяризации электронных услуг среди своих граждан. А главное, удалось сэкономить несколько миллионов долларов на разработке и экономить значительные суммы на поддержании работоспособности сайта и сопутствующих сервисов и служб в дальнейшей перспективе.

Отсюда следует сделать вывод, что внедрение СПО для оказания ЭУН не только несёт значительную финансовую выгоду (как при разработке ПО, так и при внедрении и поддержке его функционирования), но и позволяет добиться следующих результатов:

- увеличения прозрачности работы госаппарата;
- повышения доверия населения к госструктурам;
- популяризации ЭУН и т.д.

ПРОБЛЕМЫ ВНЕДРЕНИЯ И СОПРОВОЖДЕНИЯ СПО ДЛЯ ОКАЗАНИЯ ЭУН

В работе над внедрением и сопровождением СПО заинтересованы обе стороны: государство как заказчик и фирмы/сообщества программистов как исполнители. Но в настоящее время существует множество проблем с обеих сторон этих возможных отношений. Со стороны государства – неподготовленная правовая база, неясная стратегия внедрения СПО, отсутствие чётких рекомендаций, а также проработка нормативных положений людьми, неквалифицированными в области программного обеспечения.

Так, много разногласий внёс опубликованный 23 ноября 2011 года на сайте Министерства связи и массовых коммуникаций Приказ Минкомсвязи РФ от 2 сентября 2011 г. N 221 «Об утверждении Требований к информационным системам электронного документооборота федеральных органов исполнительной власти, учитывающих, в том числе,

необходимость обработки посредством данных систем служебной информации ограниченного распространения» [9].

К достоинствам документа следует отнести комплексный подход к составу требований, включающих, в частности, регламентацию взаимодействия систем электронного документооборота федеральных органов исполнительной власти (СЭД ФОИВ) с системами Межведомственного Электронного Документооборота (МЭДО) и межведомственного электронного взаимодействия (СМЭВ).

Сформулирован также ряд функциональных и нефункциональных требований к СЭД, дающих надежные ориентиры для разработчиков. Следует отметить, что требования соответствуют ГОСТ Р ИСО 15489-1-2007 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Управление документами. Общие требования», являющемуся отечественной версией международного стандарта в этой области ISO 15489:2001.

Однако все указанные достоинства документа сводятся на «нет» наличием в нем серьезных недостатков:

- необоснованные ограничения на допустимые к использованию в СЭД ФОИВ форматы документов. В тексте Приложения к Приказу [9] приказа содержится следующее положение: «12. СЭД ФОИВ должна обеспечивать отображение следующих форматов файлов: pdf, rtf, doc, tiff». В этом пункте перечислены только несвободные проприетарные форматы создания и хранения документов. Это требование не допускает использование форматов создания и хранения документов с открытыми спецификациями, предусмотренное Государственным стандартом ГОСТ Р ИСО/МЭК 26300-2010 «Информационная технология. Формат Open Document для офисных приложений (OpenDocument) v1.0» [10]. Это ограничение противоречит Распоряжению Правительства Российской Федерации от 17 декабря 2010 г. № 2299-р;

- ограничение использования свободного программного обеспечения для создания аппаратно-программных комплексов, обеспечивающих взаимодействие системы межведомственного документооборота с системами электронного документооборота федеральных органов исполнительной власти.

Такие ограничения также очевидным образом противоречат упомянутому выше Распоряжению Правительства от 17.12.2010 №2299. Кроме этого, нам представляется неуместным в документах, определяющих развитие отрасли на несколько лет и играющих роль стандартов требований к разработке, какого бы то ни было указания на конкретные программные продукты, ввиду очевидной смены этих продуктов более новыми, даже появления новых версий тех же самых продуктов.

Авторы считают, что Распоряжение №2299-р является основополагающим стратегическим документом, регламентирующим деятельность ФОИВ в сфере СПО. Его появление уже дало серьезный толчок развитию рынка СПО в России. Но ещё предстоит много сделать, чтобы должным образом доработать и развить существующую нормативно-правовую базу и реализовать распоряжения Правительства в полном объеме.

Помимо объективных причин, существует множество субъективных причин проблемы внедрения СПО в госструктурах, такие, как излишняя консервативность при внедрении новых технологий, неприятие прозрачности финансовых схем, отсутствие знаний чиновников о предмете и множество опасений и домыслов, с этим связанных, самыми распространенными из которых являются:

- отсутствие совместимости форматов файлов;
- отсутствие специалистов, способных произвести установку и настройку;
- отсутствие методических материалов;
- излишняя сложность работы в Linux и пр.

Существуют также некоторые проблемы при разработке СПО, затрагивающие больше исполнителей заказов, вытекающие, в основном, из-за слабой нормативной базы и отсутствия поддержки государством. В первую очередь – это проблема лицензирования

результатов своей работы. Разработчики готовы выпускать ПО под свободными лицензиями, однако государству выгоднее национализировать СПО, разработанное за бюджетные деньги страны. Вопросы лицензирования является довольно сложными и, скорее всего, их нужно решать отдельно для каждого конкретного случая.

Большая часть продуктов СПО, которые подойдут под нужды госучреждений с небольшими доработками, уже разработаны и поддерживаются сообществом.

Единственная проблема, которая здесь может возникнуть, это опять вопрос лицензии. Допустим, правительство РФ настаивает на том, чтобы доработки СПО существующих продуктов, финансируемые государством РФ, выходили под локализованной лицензией. Но некоторые лицензии существующего СПО обязывают все доработки выпускать только под определенной лицензией. Помимо детальной проработки этого вопроса, государству необходимы гарантии того, что вкладывая бюджетные деньги в развитие этого СПО, оно получит постоянную поддержку открытого ПО даже в случае изменения лицензии или прекращения функционирования фирмы-заказчика.

Из выше сказанного следует вывод, что в настоящее время внедрение и сопровождение СПО в РФ является актуальной темой, требующей детальной проработки в связи с очевидными плюсами внедрения СПО и многочисленными проблемами в этой области. Таким образом, в статье доказывается актуальность ведения работ по внедрению СПО при оказании ЭУН, а также выявлен ряд проблем на пути выполнения данных работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новостной портал «УралИнформБюро» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.uralinform.ru/news/society/144258-na-elektronnoe-pravitelstvo-v-rossii-potratyat-181-milliard-rublei/>.
2. Официальный сайт Федерального казначейства [Электронный ресурс]. – URL: http://www.roskazna.ru/store/concurs_file885.doc.
3. Сайт правительства Великобритании [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.gov.uk/>.
4. Сайт «Amazon Web Services» [Электронный ресурс]. – URL: <http://aws.amazon.com/what-is-aws/>.
5. Российская газета [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.rg.ru/2010/09/14/system.html>.
6. МСВСфера [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.msvsphere.ru/>.
7. Минкомсвязь России. [Электронный ресурс]. – URL: http://minsvyaz.ru/ru/news/index.php?id_4=41934.
8. Уведомление об утверждении стандарта [Электронный ресурс]. – URL: http://webportalsrv.gost.ru/portal/UVED_2007st.nsf/438c8c3c9e06dc87c32573a100549873/2e1d6885fb5a612d43257968003dcae4.
9. Российская газета [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.rg.ru/2011/11/21/elektr-dokumenty-dok.html>.
10. Сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии [Электронный ресурс]. – URL: <http://protect.gost.ru/document.aspx?control=7&id=177075>.
11. Операционная система GNU. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.gnu.org/philosophy/free-sw.ru.html>.
12. Константинов И.С. Концепция «Создание, сопровождение и реализация электронных услуг населению» (проект) / И.С. Константинов, В.Н. Волков, О.А. Иващук и др. – Орел: Информ. аг-во «Стерх», 2010. – 16 с.
13. Константинов И.С. Анализ и обобщение принципов организации обслуживания населения с применением технологии удаленного доступа / И.С. Константинов, В.Н. Волков, А.А. Стычук // Информационные системы и технологии. – Орел: Госуниверситет – УНПК, 2011. – № 5/67. – 134 с. – С. 78-85.
14. Стычук А.А., Новиков С.В. Реализация сервиса резервного копирования при организации оказания электронных услуг населению // Компьютерные науки и технологии (КНиТ): материалы Второй Международной научно-технической конференции, 3-5 октября 2011 г. – Белгород: ООО «ГиК», 2011. – 701 с. – С. 517-522.

Стычук Алексей Александрович

ФГБОУ ВПО Госуниверситет – УНПК, г. Орел

Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Информационные системы»

Тел.: 8 (4862) 40-96-14

E-mail: stychuk@ostu.ru

Постников Максим Владимирович

ФГБОУ ВПО Госуниверситет – УНПК, г. Орел

Студент группы 11-ПИ(м)

Тел.: 8 (4862) 43-26-19

E-mail: mvpost@bk.com

A.A. STYCHUK (*Candidate of Engineering Sciences,
Associate Professor of the department «Information Systems»*)

M.V. POSTNIKOV (*Student*)

State University – ESPC, Orel

URGENCY AND PROBLEMS OF USE FREE SOFTWARE FOR RENDERING OF ELECTRONIC SERVICES TO THE POPULATION

In this article the urgency of application of the free software for rendering of electronic services to the population is considered, and also problems come to light at its implementation and attending.

Keywords: *free software; electronic services to the population; electronic government.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Novostnoj portal «UralInformByuro» [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.uralinform.ru/news/society/144258-na-elektronnoe-pravitelstvo-v-rossii-potratyat-181-milliard-rublei/>.
2. Oficial'ny'j sajt Federal'nogo kaznachejstva [E'lektronny'j resurs]. – URL: http://www.roskazna.ru/store/concurs_file885.doc.
3. Sajt pravitel'stva Velikobritanii [E'lektronny'j resurs]. – URL: <https://www.gov.uk/>.
4. Sajt «Amazon Web Services» [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://aws.amazon.com/what-is-aws/>.
5. Rossijskaya gazeta [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.rg.ru/2010/09/14/system.html>.
6. MSVSfera [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.msvsphere.ru/>.
7. Minkomsvyaz' Rossii. [E'lektronny'j resurs]. – URL: http://minsvyaz.ru/ru/news/index.php?id_4=41934.
8. Uvedomlenie ob utverzhdenii standarta [E'lektronny'j resurs]. – URL: http://webportalsrv.gost.ru/portal/UVED_2007st.nsf/438c8c3c9e06dc87c32573a100549873/2e1d6885fb5a612d43257968003dcae4.
9. Rossijskaya gazeta [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.rg.ru/2011/11/21/elektr-dokumenty-dok.html>.
10. Sajt Federal'nogo agentstva po texniceskomu regulirovaniyu i metrologii [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://protect.gost.ru/document.aspx?control=7&id=177075>.
11. Operacionnaya sistema GNU. [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.gnu.org/philosophy/free-sw.ru.html>.
12. Konstantinov I.S. Konceptiya «Sozdanie, soprovzhenie i realizaciya e'lektronny'x uslug naseleniyu» (proekt) / I.S. Konstantinov, V.N. Volkov, O.A. Ivashluk i dr. – Oryol: Inform. ag-vo «Sterx», 2010. – 16 s.
13. Konstantinov I.S. Anakiz i obobshhenie principov organizacii obsluzhivaniya naseleniya s primeneniem texnologii udalonnogo dostupa / I.S. Konstantinov, V.N. Volkov, A.A. Sty'chuk // Informacionny'e sistemy' i texnologii. – Oryol: Gosuniversitet – UNPK, 2011. – № 5/67. – 134 s. – S. 78-85.
14. Sty'chuk A.A., Novikov S.V. Realizaciya servisa rezervnogo kopirovaniya pri organizacii okazaniya e'lektronny'x uslug naseleniyu // Komp'yuterny'e nauki i texnolgi (KNiT): materialy' Vtoroj Mezhdunarodnoj nauchno-texniceskoj konferencii, 3-5 oktyabrya 2011 g. – Belgorod: OOO «GiK», 2011. – 701 s. – S. 517-522.

АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ
И ПРОИЗВОДСТВАМИ

УДК 681.518.54

Ю.В. КОЛОКОЛОВ, А.В. МОНОВСКАЯ, Е.А. ГОДОВНИКОВ

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СРЫВА ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО РЕЖИМА
В ИМПУЛЬСНОМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕ ЭНЕРГИИ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ

В статье рассмотрен вариант применения метода символического прогнозирования для решения проблемы предотвращения срыва эксплуатационного режима в ШИМ-преобразователе энергии. Особенность этой реализации на экспериментальной установке обусловлена выполнением анализа переходных процессов в реальном времени на основе использования RISC-микроконтроллера семейства ARM7 TDMI-S LPC2292 фирмы NXP/Philips.

Ключевые слова: идентификация; прогнозирование; режим реального времени; автоматизация научных исследований; натурный эксперимент; ШИМ-преобразователи.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время повышение надежности и эффективности импульсных преобразователей (ИПЭ) энергии связывается с развитием методов прогнозирования динамики в режиме реального времени. Особенности динамики ИПЭ, обусловленные разрывной нелинейностью систем данного вида, совместно с неопределенностью действующих параметров в ходе функционирования ИПЭ определяют наличие фундаментальной проблемы реализации прогнозирования [1]. Один из вариантов решения этой проблемы предложен в рамках методологии символического прогнозирования динамики ИПЭ [2]. Основное преимущество этой методологии – распознавание направления эволюции нелинейной динамики в ходе переходного процесса. Возможность внедрения в системы управления ИПЭ новых алгоритмов на основе этой методологии только начинает рассматриваться, что предполагает необходимость проведения больших объемов натурных экспериментов.

Предварительные исследования в данном направлении [3] показали потребность в специализированной экспериментальной установке, обеспечивающей дополнительные функциональные возможности по сравнению с известными аналогами, например, [4-8]. В частности, данная установка должна обеспечивать автоматизированное получение, обработку и анализ синхронизированных временных рядов с выходов измерительной системы действующего преобразователя в режимах онлайн и реального времени. В реальном времени результат анализа должен быть известен до (в случае «прогнозирования») или одновременно (в случае «идентификации») с наступлением отслеживаемого события. В режиме онлайн данные поступают на жесткий диск для хранения, их анализ происходит независимо от работы установки. В статье рассмотрены ключевые моменты реализации прогнозирования срыва эксплуатационного режима в реальном времени на основе использования RISC-микроконтроллера семейства ARM7 TDMI-S LPC2292 фирмы NXP/Philips.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА

Структурная схема экспериментальной установки «Импульсный преобразователь напряжения» (24В-60Вт) представлена на рисунке 1. Подсистема преобразования энергии включает блок питания (БП), силовую часть (СЧ), датчики, аналоговый ШИМ-регулятор (Р). Блок питания обеспечивает питание всех подсистем, включая формирование регулируемого входного напряжения для импульсного преобразователя ($E=12...35$ В.), регулируемое в интервале от 12В до 35В.

Преобразователь построен по типовой схеме синхронного понижающего преобразователя напряжения DC-DC, в котором предусмотрено варьирование активной (R_n) и емкостной нагрузок в диапазонах 2...50 Ом и 10...400 мкФ соответственно. Для измерения напряжения на выходе преобразователя (u) используется датчик напряжения (ДН),

реализованный по схеме гальванически связанного операционного усилителя. Для измерения тока в силовом контуре (i_L) используется датчик тока (ДТ), выполненный по схеме измерительного резистора и дифференциального усилителя. Регулятор обеспечивает варьирование частоты ШИМ ($f_{ШИМ}$) в диапазоне 8...50 кГц, напряжения уставки (U_{ref}) в диапазоне 1,27...10 В, амплитуды пилообразного напряжения (U_I) в диапазоне 0,5...4,5 В, коэффициента усиления пропорционального звена (α) в диапазоне 0...80.

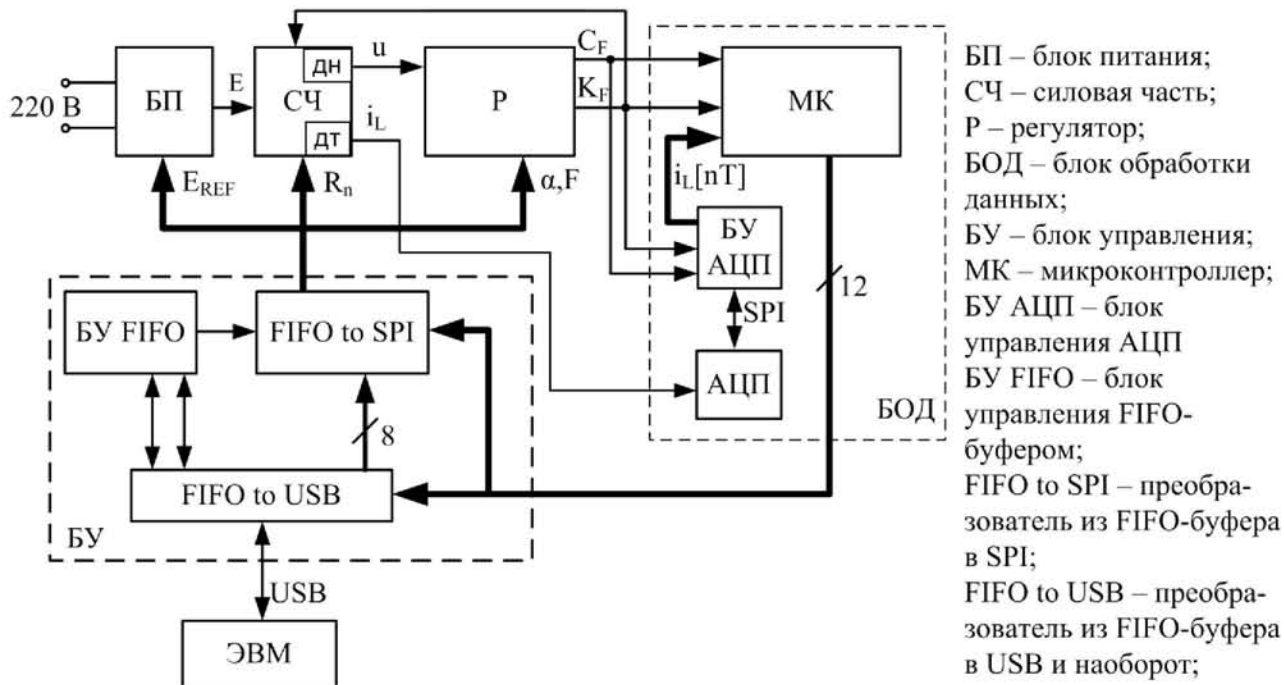


Рисунок 1 – Структурная схема экспериментальной установки

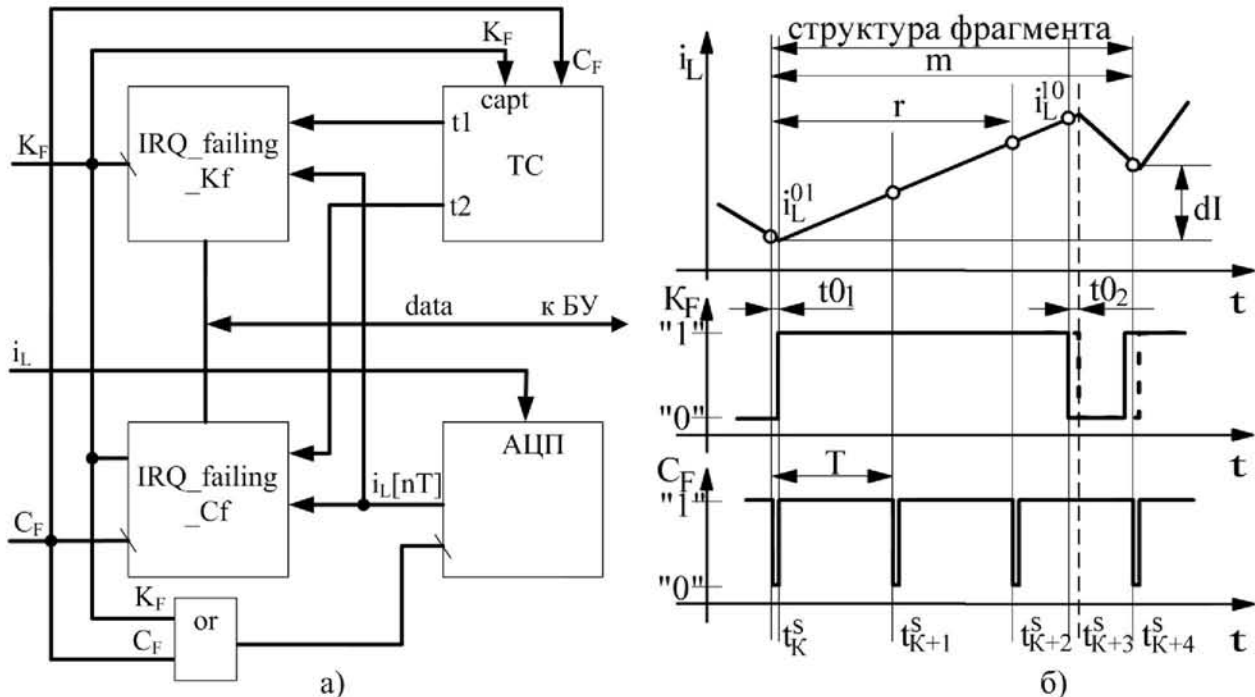
Подсистема обработки информации и управления включает блок обработки данных (БОД), блок управления (БУ), ЭВМ. ЭВМ организует автоматическое управление функционированием установки в целом, а также долгосрочное хранение данных на жестком диске. Для реализации этих функций разработан пакет прикладных программ на языках C++ и Python. Блок управления реализован на основе программируемой логической интегральной схемы (ПЛИС) фирмы ALTERA семейства Cyclone I и преобразователя интерфейсов FT245RL. Он выполняет функции интеллектуального дешифратора по декодированию и передаче большей части потоков данных.

Блок обработки данных реализован на основе RISC-микроконтроллера семейства ARM7 TDMI-S LPC2292 фирмы NXP/Philips [9] и частично использует ресурсы ПЛИС (для получения мгновенных значений тока ($i_L[nT]$) с их последующим аналогово-цифровым преобразованием и передачей результатов работы алгоритма прогнозирования на ЭВМ). Этот блок обеспечивает в режиме реального времени сбор, обработку и анализ данных, а также реализацию обратной связи для управления параметрами экспериментальной системы ($\alpha, E_{REF}, Rn, f_{ШИМ}$).

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

Основные процедуры алгоритма прогнозирования реализуются в БОД (рис. 2(а)). На вход БОД подаются сигналы синхроимпульса (C_F) и функции коммутации (K_F), а также сигнал тока (i_L). С выхода БОД через блок управления на ЭВМ поступают результаты работы алгоритма прогнозирования, а также информация для верификации работы БОД. Основными компонентами БОД являются таймер-счетчик (TC), два обработчика прерываний ($IRQ_falling_C_F$ и $IRQ_falling_K_F$) и аналогово-цифровой преобразователь ($АЦП$). Таймер-счетчик определяет длительность интервалов времени между событиями «фронт K_F » и «спад C_F » (рис. 2(б)). Обработчики $IRQ_falling_C_F$ и $IRQ_falling_K_F$ запускаются по внешним

прерываниям микроконтроллера в моменты событий «фронт C_F » и «спад K_F » (рис. 2(б)) соответственно. На основе сочетания указанных событий динамика ИПЭ оценивается в рамках символической методологии [2, 3]. Мгновенные значения тока i_L в момент события «фронт K_F » (i_L^{01}) позволяют охарактеризовать динамику ИПЭ количественно. Для устранения негативного влияния коммутационной помехи сбор данных происходит с упреждением на время t_{01} в случае «фронта K_F » и на время t_{02} в случае «спада K_F ».



T – период ШИМ; t_0 – время упреждения выборки; t_k^s – момент возникновения прерывания; m – длина фрагмента, измеряемая в периодах ШИМ; r – число целых периодов ШИМ при $K_F=1$; dI – абсолютная разность значений тока i_L в начале и конце структуры фрагмента временного ряда.

Рисунок 2 – Структурная схема БОД (а), схема фрагментации i_L -временного ряда (б)

Для формализации последовательности идентифицируемых и прогнозируемых состояний в ИПЭ разработана «карта событий», сформулированы условия возникновения событий и составлен конечный автомат переходов (рис. 3(а)). Будем учитывать, что классификация стационарных процессов осуществляется по кратности m их периода относительно периода $T_{\text{ШИМ}} = 1/f_{\text{ШИМ}}$ (указывается в названии как « m -процесс»).

В качестве состояний (e) в алгоритме прогнозирования используются: $e=1$ – начало переходного процесса; $e=2$ – состояние неопределенности ИПЭ в течение переходного процесса; $e=3$ – сходимость переходного процесса к структуре предельного цикла m -процесса; $e=4$ – прогнозирование устанавливающегося m -процесса и определение запаса времени (Δt) до его начала; $e=5$ – идентификация установившегося m -процесса. Переходы между состояниями осуществляет обработчик прерывания микроконтроллера $IRQ_falling_C_F$.

Процедуры алгоритма прогнозирования «защиты» в обработчиках прерываний $IRQ_falling_C_F$ и $IRQ_falling_K_F$. Алгоритм выполняется в режиме реального времени, что подразумевает обработку данных синхронно с протеканием динамического процесса в импульсном преобразователе. При этом результаты цикла обработки готовы не позднее чем через один период ШИМ после сбора данных текущего фрагмента i_L -временного ряда. Пример результата работы алгоритма прогнозирования в режиме реального времени представлен на рисунке 3(б) посредством двух синхронизированных диаграмм: исходного i_L -временного ряда и e -временного ряда идентифицируемых и прогнозируемых состояний.

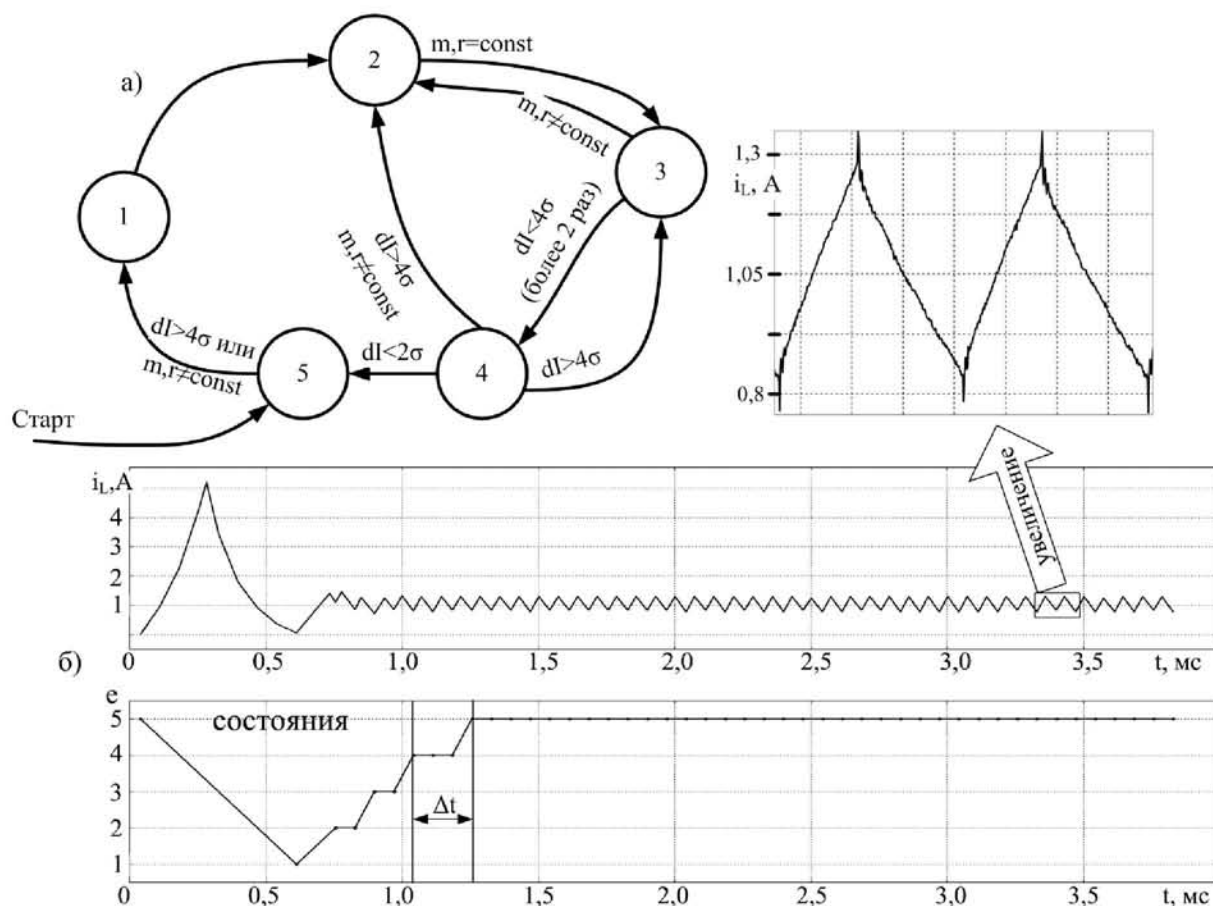


Рисунок 3 – Конечный автомат алгоритма прогнозирования (а), синхронизированный исходный i_L -временной ряд и результат анализа в форме e -временного ряда, при $\alpha=20,93$ (б)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Все натурные исследования проводились в области (α, R_n) -параметрического пространства, в диапазонах $\alpha=1 \dots 80$, $R_n = 2,5 \dots 50$ Ом. Ограничение на достоверность результатов было сформулировано следующим образом: предполагается рассмотрение только основного сценария эволюции динамики ИПЭ, связанного с потерей устойчивости эксплуатационного процесса в рамках сценария удвоения периода 1-2-4-... . При этом рассматривается только первая бифуркация в рамках данного сценария, т.е. два периодических процесса – эксплуатационный режим (далее 1-процесс) и процесс с периодом в 2 раза большим периода ШИМ (далее 2-процесс).

Условно можно выделить три серии выполненных экспериментов. Первая серия имела своей целью проверку гипотезы о нормальности распределения, которое характеризует помеховую составляющую в сигнале i_L -временного ряда (рис. 3(б), увеличенная часть). Оценка выполнялась на основе использования χ^2 -критерия (Пирсона) [10-12], ее результат позволяет принять гипотезу о том, что природа помеховой составляющей эксплуатационного режима – «белый шум».

Вторая серия экспериментов имела своей целью определение границы достоверности для использования алгоритма прогнозирования с учетом результатов оценки помеховой составляющей в первой серии экспериментов. В ходе этих экспериментов была выявлена зона в окрестности бифуркационной границы, где состояние ИПЭ нельзя однозначно трактовать как эксплуатационный процесс – зона неопределенности с границами $\alpha_{\text{лев}}$ и $\alpha_{\text{пр}}$, где «лев» означает левая граница, «пр» – правая граница (рис. 4).

На рисунке 4 приведен пример анализа одной из бифуркационных диаграмм. Согласно методу прикладной статистической обработки экспериментальных данных [10-12] при каждом j -значении бифуркационного параметра (α) вычислялись математические

ожидания ($M(i_L)$) – для 1-процесса, $M_6(i)$ и $M_n(i)$ – для верхней и нижней «ветвей» 2-процесса), а также среднеквадратические отклонения ($\sigma(i_L)$ – для 1-процесса, $\sigma_6(i)$ и $\sigma_n(i)$ – для верхней и нижней «ветвей» 2-процесса). Искомая граница достоверности ($\alpha_{де}$) соответствует значению α , после которого всегда выполняется условие: $3\sigma(i) > 4\sigma^*$, где σ^* – константа, которая представляет собой усредненное значение среднеквадратического отклонения в диапазоне существования 1-процесса.

Граница достоверности для использования алгоритма прогнозирования в (α, R_n) -параметрическом пространстве обозначена на рисунке 5(а) посредством пунктира. Вышеупомянутая гипотеза помеховой составляющей эксплуатационного режима (1-процесса) является истинной до границы состояния неопределенности.

На рисунке 5(а) точками показаны сочетания параметров (в области до первой бифуркационной границы), при которых критерий Пирсона не выполняется.

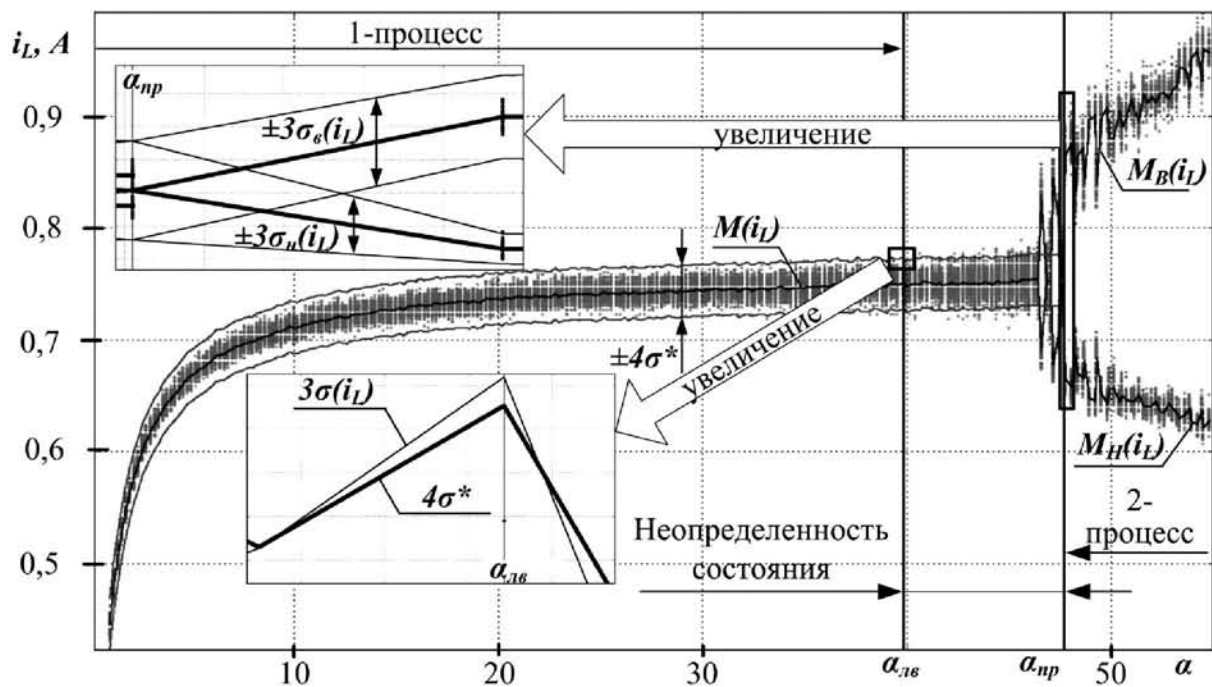


Рисунок 4 – Результат анализа границы достоверности на примере бифуркационной диаграммы при номинальном значении $R_n=10$ Ом

Третья серия экспериментов имела своей целью исследование работоспособности алгоритма символического прогнозирования, если рабочий параметр σ задается как максимальное среднеквадратическое отклонения значения dI в зоне 1-процесса. Критерий работоспособности сформулирован на основе условия:

$$\Delta t = (t_{\text{реальность}} - t_{\text{прогноз}}) > 0,$$

где $t_{m\text{-процесс}}$ – момент начала m -процесса; $t_{\text{прогноз}}$ – момент распознавания m -процесса; Δt – «запас» времени до момента начала m -процесса. Соответственно, работоспособность алгоритма оценивается по результату: если $\Delta t > 0$, то метод считается работоспособным. В ходе экспериментов выполнялся пуск установки с нулевых начальных условий при сочетаниях (α, R_n) из области исследуемого параметрического пространства (область 1-процесса на рисунке 5(а)).

Результаты исследований показали, что существует область 1-процесса, где алгоритм прогнозирования является работоспособным (рис. 5(а)), за границей достоверности состояние системы не может трактоваться однозначно, в этом случае возможно возникновение ошибок (вертикальные штрихи на рисунке 5(а)), которые связаны с перемежаемостью временных рядов или отсутствием эксплуатационного процесса.

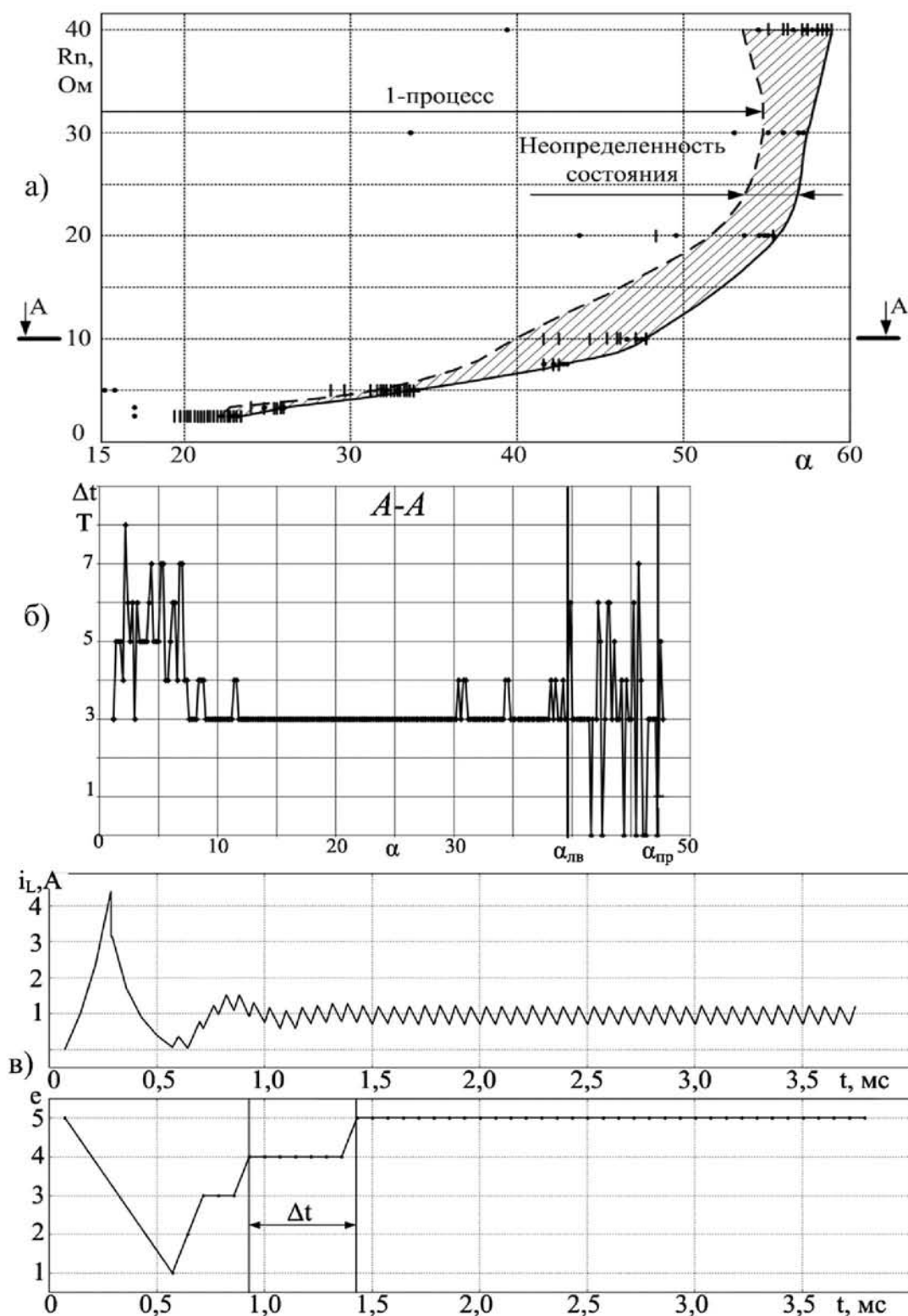


Рисунок 5 – Зоны проведения экспериментальных исследований (а); зависимость запаса времени Δt при номинальной нагрузке $R_n=10$ Ом (б); синхронизированный исходный i_L -временной ряд и результат анализа в форме e -временного ряда при $\alpha=5,2$ (в)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье представлены результаты нескольких серий натурных исследований, которые связаны с ключевыми моментами реализации прогнозирования срыва эксплуатационного режима в реальном времени. Данная последовательность начиналась с обоснования гипотезы о природе помеховой составляющей в анализируемом сигнале. Полученные результаты

позволили, во-первых, придать физический смысл и обосновать критерий для ограничения в пространстве параметров области эксплуатационного процесса, в пределах которой работоспособность алгоритма прогнозирования может быть обеспечена. Во-вторых, стало возможным придать физический смысл и обосновать выбор рабочего параметра алгоритма прогнозирования. Вывод по результатам исследований может быть сформулирован следующим образом: современная микропроцессорная элементная база совместно с существующими символическими методами прогнозирования в принципе создают объективные предпосылки для совершенствования систем управления с точки зрения повышения надежности и эффективности ИПЭ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фейгин М.И. Вынужденные колебания систем с разрывными нелинейностями. – М.: Наука, 1994. – 312 с.
2. Колоколов Ю.В., Моновская А.В. Символический метод прогнозирования динамики широтно-импульсных преобразователей энергии: использование геометрических инвариантов // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика, 2009. – № 3. – С. 36-40.
3. Колоколов Ю.В., Моновская А.В. Фрактальный метод прогнозирования динамики импульсных систем преобразования энергии в течение переходных процессов. Часть 2. Экспериментальные исследования // Системы управления и информационные технологии, 2007. – № 3(29). – С. 16-20.
4. Lin S.C., Tsai C.C. «Adaptive backstepping control with integral action for PWM Buck DC-DC converters» Journal of the Chinese Institute of Engineers, 2005. – Vol. 28. – № 6. – P. 977-984.
5. Lin S.C., Tsai C.C. «Backstepping Sliding Mode Control of PWM Buck DC-DC Converters», Proceedings of the 2nd Taiwan Power Electronics Conference, Changhua, Taiwan. – P. 71-75.
6. Equipement laboratoire electrique – materiel en genie electrique et electrotechnique [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.langlois-france.com>.
7. Научно-техническое предприятие «НТП «Центр» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.ntpcentr.com>.
8. ИПЦ «Учебная техника» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.electrolab.ru>.
9. Документация на микроконтроллер LPC2292 [Электронный ресурс]. – URL: http://www.nxp.com/documents/data_sheet/LPC2292_2294.pdf.
10. Гмурман В.Е. Руководство к решению задач теории вероятностей и математической статистике. – М.: Высшая школа, 1979. – 400 с.
11. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. – М.: Высшая школа, 2003. – 480 с.
12. Айвазян С.А., Мхитарян В.С. Прикладная статистика. Основы эконометрики: учебник для ВУЗов. – В 2 т. – 2-е изд. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001.

Колоколов Юрий Васильевич

Югорский государственный университет, г. Ханты-Мансийск
Доктор технических наук, профессор, директор Института (НОЦ) систем управления и информационных технологий

Моновская Анна Владимировна

Югорский государственный университет, г. Ханты-Мансийск
Доктор технических наук, зав. кафедрой «Автоматизированные системы обработки информации и управления»
E-mail: anna.monovskaya@mail.ru

Годовников Евгений Александрович

Югорский государственный университет, г. Ханты-Мансийск
Зав. лабораторией систем управления и информационных технологий
E-mail: judchin@rambler.ru

«Control systems and information technologies»

A.V. MONOVSKAYA (Doctor of Engineering Sciences, Head of the department «The automated systems of processing of information and management»)

E.A. GODOVNIKOV (Head of laboratory management systems and information technology)
Yugorsky state university, Khanty-Mansiysk

REALIZATION OF REAL-TIME FORECASTING THE OPERATING PROCESS FAILURE IN PULSE ENERGY CONVERTER

The realization of the symbolical forecasting to decide the problem of the operating process failure prevention in real time is considered in relation to pulse energy converters. The peculiarity of this realization on the experimental plant is stipulated by analyses of transients in real time by means of the RISC-microcontroller of the family ARM7 TDMI-S LPC2292, NXP/Philips.

Keywords: identification; forecasting; real-time; automation of scientific researches; experimental investigations; PWM converters.

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Fejgin M.I. Vy'nuzhdenny'e kolebaniya sistem s razry'vny'mi nelinejnostyami. – M.: Nauka, 1994. – 312 s.
2. Kolokolov Yu.V., Monovskaya A.V. Simvolicheskij metod prognozirovaniya dinamiki shirotno-impul'sny'x preobrazovatelej e'nergii: ispol'zovanie geometricheskix invariantov // Pribory' i sistemy'. Upravlenie, kontrol', diagnostika, 2009. – № 3. – S. 36-40.
3. Kolokolov Yu.V., Monovskaya A.V. Fraktal'ny'j metod prognozirovaniya dinamiki impul'sny'x sistem preobrazovaniya e'nergii v techenie perexodny'x processov. Chast' 2. E'ksperimental'ny'e issledovaniya // Sistemy' upravleniya i informacionny'e texnologii, 2007. – № 3(29). – S. 16-20.
4. Lin S.C., Tsai C.C. «Adaptive backstepping control with integral action for PWM Buck DC-DC converters» Journal of the Chinese Institute of Engineers, 2005. – Vol. 28. – № 6. – P. 977-984.
5. Lin S.C., Tsai C.C. «Backstepping Sliding Mode Control of PWM Buck DC-DC Converters», Proceedings of the 2nd Taiwan Power Electronics Conference, Changhua, Taiwan. – P. 71-75.
6. Equipement laboratoire electrique – materiel en genie electrique et electrotechnique [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.langlois-france.com>.
7. Nauchno-texnicheskoe predpriyatie «NTP «Sentr» [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.ntpcentr.com>.
8. IPCz «Uchebnaya texnika» [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.electrolab.ru>.
9. Dokumentaciya na mikrokontroller LPC2292 [E'lektronny'j resurs]. – URL: http://www.nxp.com/documents/data_sheet/LPC2292_2294.pdf.
10. Gmurman V.E. Rukovodstvo k resheniyu zadach teorii veroyatnostej i matematicheskoy statistike. – M.: Vy'sshaya shkola, 1979. – 400 s.
11. Gmurman V.E. Teoriya veroyatnostej i matematicheskaya statistika. – M.: Vy'sshaya shkola, 2003. – 480 s.
12. Ajvazyan S.A., Mxitaryan V.S. Prikladnaya statistika. Osnovy' e'konometriki: uchebnyk dlya VUZov. – V 2 t. – 2-e izd. – M.: YuNITI-DANA, 2001.

О ПРИМЕНИМОСТИ ИТЕРАЦИОННОГО АЛГОРИТМА ДЛЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАГРУЗКИ В СИСТЕМАХ ОБСЛУЖИВАНИЯ

В статье рассматриваются вопросы повышения эффективности систем управления при решении задачи распределения заявок между исполнительными устройствами в системах обслуживания. Описываются разработанный для решения этой задачи итерационный алгоритм, его основные этапы и результаты исследования эффективности.

Ключевые слова: распределенная система обслуживания; итерационный алгоритм; распределение заявок.

ВВЕДЕНИЕ

Центральное место в управлении распределенными системами обслуживания (РСО) занимает задача распределения поступающих заявок между обработчиками или задача диспетчеризации. В работе под РСО мы будем понимать совокупность подвижных обслуживающих объектов, закрепленных за определенной территорией, и единую систему управления ими. В задачу системы управления входит обеспечение реакции на заявки, поступающие от расположенных на этой территории неподвижных источников.

Задачу диспетчеризации можно отнести к задачам дискретной оптимизации. Кроме очевидного требования по точности решения, алгоритмы, лежащие в основе систем поддержки принятия решений, должны обеспечивать и высокое быстродействие.

Широкий класс оптимизационных алгоритмов составляют методы итерационного улучшения определенного известного решения, которые основаны на пошаговом изменении некоторого решения задачи, называемого начальным. На каждой итерации алгоритма осуществляется подсчет целевой функции и, если ее значение изменяется в лучшую сторону, измененное решение становится начальным, а процесс продолжается заданное число шагов. Сложность алгоритма определяется числом итераций. Точность решения, получаемого итерационными алгоритмами, в общем случае зависит от начального решения и количества итераций. Существует множество различных стратегий изменения решения на очередной итерации. В настоящей работе мы исследовали алгоритм, основанный на стратегии случайного поиска.

МОДЕЛЬ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СИСТЕМЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ

Математическую модель РСО, ориентированную на решение задачи диспетчеризации представим в следующем виде [1]:

N – число заявок, поступивших от обслуживаемых объектов; M – число обслуживающих объектов; y_{ij} – целевая переменная, равная 1, если j -ый объект используется для обслуживания i -ого вызова и равная 0 в противном случае; r_{ij} – время следования j -ого объекта к источнику i -ой заявки.

Тогда целевая функция системы, минимизирующая время реакции, имеет вид:

$$T_{react} = \max(r_{ij}y_{ij}, \forall i = \overline{1, N}; \forall j = \overline{1, M}) \rightarrow \min,$$

при этом

$$\sum_{i=1}^N y_{ij} \leq 1, j = \overline{1, M} \quad (1)$$

В такой постановке число обработчиков заявок должно быть больше или равно числу самих заявок $M \geq N$. Исходной информацией для алгоритмов распределения заявок служит матрица $R = \{r_{ij}\}$, элементы которой, кроме времени движения обработчика к объекту, могут

характеризовать и возможность выполнения объектом своей функции по отношению к источнику заявки.

ИТЕРАЦИОННЫЙ АЛГОРИТМ

Рассмотрим последовательность шагов исследуемого итерационного алгоритма при решении задачи диспетчеризации.

1. В качестве начального решения возьмем некую матрицу $Y = \{y_{ij}\}_{NM}$, удовлетворяющую условию (1). Найдем $T_{react} = \max(r_{ij}, y_{ij}, \forall i = \overline{1, N}; \forall j = \overline{1, M})$.

2. Произведем изменение в известном решении с помощью случайных парных обменов. Механизм формирования пары элементов, между которыми производится обмен обработчиками, заключается в получении двух случайных величин в диапазоне от 0 до M, номеров строк в матрице $Y = \{y_{ij}\}_{NM}$, с последующей их перестановкой и получением новой матрицы $Y'' = \{y'_{ij}\}_{NM}$. Найдем T''_{react} . Оценим изменение времени реакции системы. Если $T''_{react} < T_{react}$, запоем этот вариант решения и положим $T_{react} = T''_{react}$.

3. Повторим шаг 2 заданное число раз*.

4. Решением задачи будет последний вариант, запоемненный на шаге 2.

*В качестве критериев завершения работы в итерационных алгоритмах, использующих рандомизацию, применяются различные подходы:

1. достижение заданной точности;
2. ограничение на время решения задачи;
3. ограничение на число итераций.

Для системы управления РСО критичным является именно время решения задачи, поскольку оно непосредственно влияет на ее характеристики. Это и определяет тот факт, что на практике используется критерий 2, который не зависит от производительности вычислительной системы. Задание числа итераций алгоритма в шаге 3 определяется, исходя из значения ограничения по времени. Однако для исследования точностных свойств алгоритмов, используют критерии 1 или 3. В работе мы используем 3 критерий, т.к. первый критерий не обеспечивает гарантированного завершения работы алгоритма.

Важной характеристикой итерационных алгоритмов является сходимость. Поскольку на каждой итерации алгоритма мы обеспечиваем не ухудшение решения, процесс является сходящимся.

РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Точность получаемых решений и быстродействие итерационного алгоритма исследовались путем решения тестовых примеров размерностью $N = M = 18$ и $N = M = 24$ для числа итераций от 10^4 до 10^8 . Ниже представлены результаты исследований (табл. 1-4). В качестве начального использовалось решение задачи, полученное с помощью последовательного (минимаксного) алгоритма [2]. В каждом случае проводился пятикратный запуск программы и усреднение полученных результатов.

Таблица 1 – Точность решения ($N = 18$, начальное время реакции – 318)

Число итераций	Время реакции системы					Среднее значение
10^4	216	303	308	318	253	279
$5 \cdot 10^4$	275	257	242	265	210	249
10^5	251	239	251	209	241	238
$5 \cdot 10^5$	212	216	224	216	229	219
10^6	209	217	215	188	229	211
$5 \cdot 10^6$	201	208	204	202	202	203

10^7	201	208	201	188	180	195
$5 \cdot 10^7$	188	171	186	178	185	181
10^8	168	178	187	168	163	172

Таблица 2 – Быстродействие алгоритма ($N = 18$)

Число итераций	Время решения задачи (сек)					Среднее значение
10^4	0.03	0.038	0.035	0.044	0.04	0.0374
$5 \cdot 10^4$	0.147	0.153	0.145	0.155	0.154	0.1508
10^5	0.285	0.291	0.304	0.31	0.308	0.2996
$5 \cdot 10^5$	1.43	1.447	1.511	1.535	1.567	1.498
10^6	2.895	2.991	3.106	3.066	3.254	3.0624
$5 \cdot 10^6$	14.513	15.393	14.962	15.956	15.594	15.2836
10^7	29.708	31.836	32.755	31.762	32.643	31.7408
$5 \cdot 10^7$	137.424	143.15	157.438	149.781	163.618	150.2822
10^8	285.538	297.609	304.206	316.041	323.016	305.282

Таблица 3 – Точность решения ($N = 24$, начальное время реакции – 377)

Число итераций	Время реакции системы					Среднее значение
10^4	353	367	377	362	362	364
$5 \cdot 10^4$	342	365	354	357	351	353
10^5	353	361	344	350	338	349
$5 \cdot 10^5$	325	348	327	348	345	338
10^6	294	321	259	327	245	289
$5 \cdot 10^6$	239	243	237	307	237	252
10^7	215	245	293	230	239	244
$5 \cdot 10^7$	216	230	215	215	216	218
10^8	215	215	216	215	209	214

Таблица 4 – Быстродействие алгоритма ($N = 24$)

Число итераций	Время решения задачи (сек)					Среднее значение
10^4	0.032	0.035	0.033	0.0373	0.035	0.03446
$5 \cdot 10^4$	0.166	0.155	0.154	0.169	0.157	0.1602
10^5	0.348	0.357	0.364	0.352	0.352	0.3546
$5 \cdot 10^5$	1.648	1.651	1.635	1.646	1.654	1.6468
10^6	3.244	3.276	3.26	3.261	3.276	3.2634
$5 \cdot 10^6$	16.364	16.823	16.528	16.36	17.389	16.6928
10^7	34.024	34.092	34.316	34.255	34.521	34.2416
$5 \cdot 10^7$	168.638	168.028	167.045	168.256	169.963	168.386
10^8	336.889	333.845	358.845	357.714	358.225	349.1036

Отметим, что при размерности задачи $N = 18$ и числе итераций 10^6 время решения задачи не превышает 3 секунд, при этом время реакции РСО по отношению к начальному решению удастся уменьшить на 25-30%. Тесты подтверждают и хорошую сходимость алгоритма. При увеличении числа итераций точность решения повышается практически для всех серий экспериментов.

При увеличении размерности решаемой задачи до $N = 24$ (табл. 3, 4) и тенденция к увеличению точности найденных решений при росте числа итераций сохраняется.

Как и в случае меньшей размерности, для числа итераций 10^6 время решения задачи незначительно превышает 3 секунды, при этом время реакции также удастся уменьшить на 20-25%.

Вычислительные эксперименты проводились на компьютере с процессором Intel Core Duo T5270 @1.40GHz и памятью 2.0 GB. Различие по времени решения задачи объясняется выбранной стратегией улучшения начального распределения, которая основана на случайных парных обменах. В случае совпадения выбранных на этапе 2 алгоритма строк требуется повторная генерация одного из случайных чисел.

В качестве критерия завершения работы итерационных алгоритмов, основанных на рандомизации, как правило, используют ограничение по числу итераций. Альтернативным критерием является предельное время работы алгоритма.

Одним из косвенных признаков достижения алгоритмом локального оптимума, который может быть также использован на практике, является тот факт, что в течение определенного числа итераций найденное решение не изменяется. В системах поддержки принятия решений, с учетом их специфики, критерием завершения работы алгоритма диспетчеризации должно быть предельное время работы алгоритма.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования показывают, что итерационный алгоритм, основанный на случайных парных перестановках, может быть использован в системах поддержки принятия решений диспетчерских служб РСО. Он обеспечивает снижение времени реакции системы за счет повышения точности решения задачи распределения поступающих заявок.

Дальнейшие исследования направлены на снижение времени решения задачи при большом числе итераций. Это может быть обеспечено путем распараллеливания программного кода и запуска приложения на многоядерном процессоре.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абаев А.В. Моделирование временных характеристик оперативной деятельности подразделений ГПС // Информационные технологии и проблемы математического моделирования сложных систем: сборник научных трудов. – Выпуск 6. – Иркутск: ИрГУПС, 2008.
2. Чжо Мью Хтун. Исследование эффективности алгоритмов решения задачи диспетчеризации // Современная техника и технологии: исследования и разработки 2011 г. Международная научная заочная конференция: сборник докладов. – Липецк, 2011. – С. 40-42.

Лупин Сергей Андреевич

Национальный исследовательский университет «МИЭТ», г. Зеленоград

Кандидат технических наук, профессор, профессор кафедры вычислительной техники

E-mail: lupin@miee.ru

Чжо Мью Хтун

Национальный исследовательский университет «МИЭТ», г. Зеленоград

Аспирант кафедры вычислительной техники

S.A. LUPIN (*Candidate of Engineering Sciences,
Professor of the department «Computer facilities»*)

THAN ZO U, ChZhO M'O HTUN (*Post-graduate students of the department «Computer facilities»
National Research University of Electronic Technology, Zelenograd*)

ON THE APPLICABILITY OF THE ITERATIVE ALGORITHM FOR THE DISTRIBUTION OF THE LOAD IN THE SYSTEMS OF SERVICE

Management system efficiency with the task of load distribution in service systems is considered. The article describes the iterative algorithm, designed to solve this problem, its main stages and efficiency.

Keywords: *distributed service systems; the iterative algorithm; load distribution.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Abaev A.V. Modelirovanie vremenny'x charakteristik operativnoj deyatel'nosti podrazdelenij GPS // Informacionny'e tekhnologii i problemy' matematicheskogo modelirovaniya slozhny'x sistem: sbornik nauchny'x trudov. – Vy'pusk 6. – Irkutsk: IrGUPS, 2008.
2. Chzho M'yo Xtun. Issledovanie e'ffektivnosti algoritmov resheniya zadachi dispetcherizacii // Sovremennaya tekhnika i tekhnologii: issledovaniya i razrabotki 2011 g. Mezhdunarodnaya nauchnaya zaochnaya konferenciya: sbornik dokladov. – Lipeczk, 2011. – S. 40-42.

УДК 681.3

А.В. БАБИЧ

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ГОСТЕВОЙ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА

Рассматриваются вопросы балансировки нагрузки с сохранением решений для распределенной гостевой системы мониторинга. Предложена методика построения нагрузочных профилей серверов. Получены приближения для оценки и выбора наилучшего решения. Проведены исследования различной реализации организации опроса.

Ключевые слова: мониторинг сети; SNMP; распределенная гостевая система; балансировка нагрузки; аналитические приближения; выбор решения.

Система мониторинга является неотъемлемой частью корпоративной сети, обеспечивающей ее высокую готовность, бесперебойность и эффективность работы. Постоянное увеличение размеров и усложнение структуры корпоративных сетей приводит к значительному росту нагрузки на ресурсы сети со стороны процессов мониторинга. Поэтому в последние годы все чаще создаются распределенные, располагающиеся на нескольких выделенных серверах системы мониторинга. Основные работы по улучшению производительности распределенных систем мониторинга направлены на создание систем с динамической балансировкой нагрузки [1, 2].

В настоящее время актуальной становится задача создания распределенных «гостевых» систем мониторинга, агенты которых используют свободные ресурсы серверов корпоративной сети, что позволяет значительно сократить расходы на мониторинг. «Гостевые» системы мониторинга по использованию должны быть схожи с системами распределенных вычислений типа BOINC (Berkeley Open Infrastructure for Network Computing) [3]. При этом предполагается, что агенты системы мониторинга могут загружать серверы корпоративной сети только до определенного уровня.

Таким образом, в данной работе рассматривается распределенная динамически конфигурируемая система активного мониторинга, которая будет размещаться на существующих серверах корпоративной сети и использовать их свободные ресурсы. Объекты мониторинга, представленные в виде набора источников данных, будут сохранять свои данные на серверах-агентах посредством системы RRDtool, причем для каждого источника данных будет создан отдельный RRD (Round Robin Database) файл. В [4] приведен алгоритм динамической балансировки нагрузки для данной системы. Алгоритм основан на объединении агентов в логическую иерархию. Балансировка состоит из трех этапов: локальные балансировки, двухуровневые балансировки и глобальная балансировка.

В данной работе предлагается улучшить производительность работы системы мониторинга за счет сохранения и последующего использования решений задачи динамической балансировки нагрузки. Такой подход позволит не выполнять алгоритм [4] задачи динамической балансировки перед каждым опросом.

На рисунке 1 приведена статистика средней загрузки процессора (в процентах) биллингового сервера Тульского государственного университета. Видно, что в промежуток времени 04:00-08:00 загрузка мала и меняется в пределах одного процента. В период времени 8:00-9:00 наблюдается резкий рост нагрузки и в последующий период ее стабилизация. Обслуживаемые данным сервером подразделения начинают свою работу в 8:00 и 8:30.

Аналогичная статистика была собрана для других серверов корпоративной сети. Поскольку опрос источников данных производится довольно часто (с периодом 3-5 минут), то проведенный анализ статистических данных позволяет утверждать следующее: состояние корпоративной сети с точки зрения загрузки серверов обычно изменяется незначительно на периоде опроса (увеличенный участок на рисунке 1), а существенные изменения носят циклический характер и связаны с суточной активностью пользователей или запуском

периодических заданий. Поэтому предлагается сохранять и использовать готовые (предыдущие) решения по распределению источников данных для опроса.

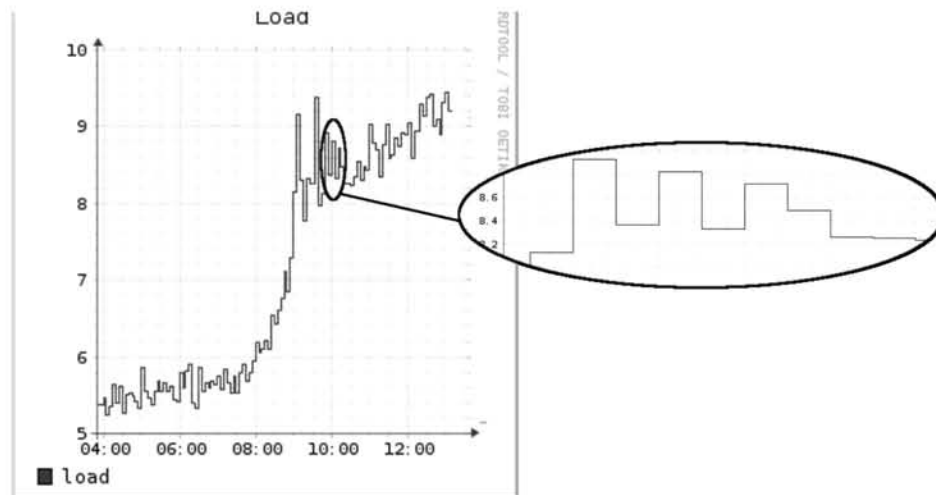


Рисунок 1 – Использование процессора серверами-агентами

С каждым решением задачи балансировки нагрузки, полученным посредством алгоритма [4], необходимо хранить количество ресурсов серверов, которое необходимо для обеспечения опроса без перегрузки серверов. На рисунке 2 приведен пример использования ресурсов процессора серверами $s_1 - s_6$ сети для одного из таких решений.

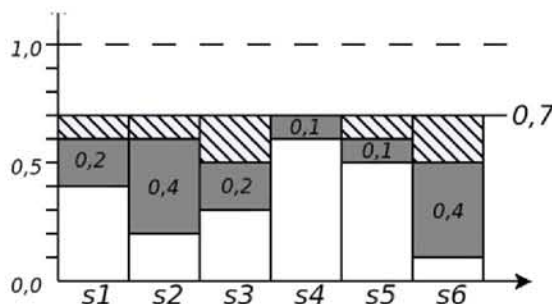


Рисунок 2 – Использование процессора серверами-агентами

В этом примере 0,7 – максимально разрешенная загрузка, которую может создать на сервере система мониторинга. В общем случае данное значение может быть разным для различных серверов. Оно определяется видом работ, которые выполняет сервер. Белым цветом на рисунке 2 обозначена текущая загрузка серверов основными заданиями, серым – значения загрузки процессами системы мониторинга, заштрихованные области – запас по загрузке, который может использовать система мониторинга. Обозначенные серым цветом и подписанные на рисунке 2 значения по сути представляют решение задачи балансировки нагрузки.

Из этого примера видно, что данное решение может быть использовано даже при изменении основной нагрузки на серверы: если загрузка серверов s_1, s_2, s_5 вырастет не больше, чем на 0,1; серверов s_3, s_6 – не более, чем на 0,2, а загрузка сервера s_4 не увеличится. Введем следующие обозначения: $S = \{s_k\}$ – множество серверов сети; SA – множество серверов сети, на которых размещены агенты системы мониторинга, $SA \subseteq S$, $N_{SA} = |SA|$; $D = \{d_k\}$ – множество источников данных, $N_D = |D|$.

Множество имеющихся ресурсов серверов опроса обозначим через $R = \{R_1, R_2, \dots, R_{N_{SA}}\}$, где $R_m = (R_{m1}, R_{m2}, R_{m3}, R_{m4})$ – ресурсы сервера s_m четырех типов (процессор, память, сеть, диск). Соответствующие ресурсы серверов сети, требуемые для опроса источника данных, обозначим через $Z = (Z_1, Z_2, Z_3, Z_4)$. Отметим, что в алгоритмах

балансировки нагрузки количество ресурсов измеряется в безразмерных и нормализованных единицах [5].

Предположим, что $Q = \{q_n\}$ – множество решений задачи назначения агентам источников данных для опроса, причем q_1 – решение задачи назначения агентам источников данных для хранения. Каждое решение $q_n, n = \overline{1, N_Q}$, где $N_Q = |Q|$, характеризуется объемами потребляемых ресурсов на серверах-агентах:

$$\begin{aligned} X &= \{X_n, n = \overline{1, N_Q}\}, \\ X_n &= \{X_{n1}, X_{n2}, X_{n3}, \dots, X_{nN_{SA}}\}, \\ X_{nm} &= (X_{nm1}, X_{nm2}, X_{nm3}, X_{nm4}). \end{aligned}$$

Пусть $DC = \{DC^n\}$, $DC^n = \{DC_m^n\}$, $n = \overline{1, N_Q}$, $m = \overline{1, N_{SA}}$, т.е. каждому элементу X_n , определяющему множества потребляемых ресурсов серверами-агентами системы мониторинга, соответствует элемент DC^n , определяющий множества распределенных по агентам для опроса источников данных.

Элемент DC^n по сути является решением задачи назначения агентам источников данных для опроса ($q_n = DC^n$), т.к. содержит в себе множества DC_m для каждого сервера, а элементы множества X вычисляются следующим образом:

$$X_{nmi} = |DC_m^n| \cdot Z_i.$$

Основная трудность при использовании балансировки на основе сохраненных решений состоит в сложности модернизации алгоритма динамической балансировки нагрузки [4], так как разработанные алгоритмы локальных и двухуровневых балансировок являются полностью распределенными и не хранят решения целиком на каком-либо хосте. Поэтому необходимо, чтобы один из агентов был назначен главным. На нем будут храниться решения задачи динамической балансировки, он будет принимать решения о выборе вида балансировки. В связи с тем, что на главном агенте должны аккумулироваться решения, при выполнении алгоритма балансировки (как при локальных балансировках, так и при балансировке поддереьев) агенты должны передавать данные о назначенных для опроса источниках данных и наличии ресурсов главному агенту.

Рассмотрим дополнительные данные, которые будут храниться системой при данной модернизации алгоритма балансировки [4]. Множество DC^n содержит идентификаторы источников данных, общее число которых равно N_D . Учитывая, что в языке программирования Perl, который выбран авторами для реализации системы, все числа хранятся в формате с плавающей запятой (double), необходимо $N_Q N_D$ таких ячеек памяти для хранения множества DC^n и $4N_Q N_{SA}$ ячеек памяти типа double для хранения множества X . В общей сложности для хранения решений и соответствующих им значений потребляемых ресурсов требуется $N_Q(4N_{SA} + N_D)$ ячеек памяти. Интерпретатор Perl самостоятельно выделяет память под массивы. При помощи модулей CPAN Devel::Size [6] и Devel::Size::Report [7] экспериментально было выяснено, что для хранения одного числа требуется 28 байт оперативной памяти, а накладные расходы для массивов, содержащих более 200 ячеек, составляют 12-17%.

Предположим, что основными сетевыми устройствами, которые будет опрашивать система мониторинга, будут 24-портовые управляемые коммутаторы. С каждого порта устройства будет считываться следующая информация: количество входящих и исходящих байт, количество входящих и исходящих пакетов (unicast, broadcast, multicast), количество коллизий, количество ошибок контрольных сумм. Таким образом, получается по 10 источников данных от одного порта устройства или 240 источников данных от одного

устройства. Предположим, что опрашиваемая сеть имеет 100 серверов, на которых можно разместить агенты, и более 4000 устройств (примерно 10^6 источников данных). Тогда для хранения одного решения потребуется следующий объем памяти: $1,17 \cdot 28 \cdot N_Q(4N_{SA} + N_D) = 1,17 \cdot 28 \cdot 1 \cdot (4 \cdot 100 + 10^6) = 32,8 \cdot 10^6$ или 33 МБ.

Видно, что для сохранения множества решений задачи балансировки нагрузки будут расходоваться большие объемы оперативной памяти. Поэтому предлагается полностью хранить только решение q_1 и считать его оптимальным с той точки зрения, что агенты опрашивают только назначенные им для хранения источники данных, минимизируя тем самым пересылки данных в сети. Остальные решения $q_n, n = \overline{2, N_Q}$ будут хранить изменения относительно решения q_1 . При этом для каждого решения $q_n, n = \overline{2, N_Q}$ в множествах DC_m^n будут храниться только идентификаторы источников данных, которые в данном решении (в отличие от статического распределения q_1) перемещаются с данного сервера или наоборот, добавляются к нему для опроса. Причем в первом случае идентификаторы предлагается хранить со знаком «-», во втором – со знаком «+». То есть для каждого перемещаемого источника данных размер решения в памяти будет занимать две дополнительные ячейки памяти. Полностью решение будет занимать $N_Q(4N_{SA} + 2rN_D)$ ячеек памяти, где r - доля перемещаемых источников данных. Если предположить, что будет перемещаться 10% всех источников данных, то для хранения решения потребуется $1,17 \cdot 28 \cdot N_Q(4N_{SA} + 2rN_D) = 1,17 \cdot 28 \cdot 1 \cdot (4 \cdot 100 + 2 \cdot 0,1 \cdot 10^6) = 6,57 \cdot 10^6$ или 6,5 МБ.

При использовании сохраненных решений возникает задача выбора наилучшего решения. Эта задача в общем случае является многокритериальной. Критерии выбираются исходя из требований системы мониторинга и сети [8].

1. Требование системы мониторинга – минимизировать общий интервал опроса – можно формализовать в виде критерия

$$g_1(Q) = \min_{q \in Q} \max_{s_i \in SA} \tau_i(q),$$

где $\tau_i(q)$ – интервал опроса источников данных агентом, находящимся на i -м сервере.

2. Требование сети – минимизировать ухудшение временных характеристик работы сети из-за появления дополнительной нагрузки (процессов мониторинга) на серверах сети. При этом надо учитывать различную степень масштабируемости серверов, определяемую многоканальностью их аппаратных и программных ресурсов, а также уровни текущей загрузки серверов. Выполнение требования сети можно обеспечить, если ввести в рассмотрение понятия дифференциальной и интегральной стоимости ресурсов серверов [8], а в качестве критерия использовать следующий критерий минимизации стоимости использования серверов сети процессами мониторинга:

$$g_2(Q) = \min_{q \in Q} \sum_{s_i \in SA} \int_{a_i}^{b_i} F_i(p) dp,$$

где a_i – значение загрузки процессора сервера s_i до получения заданий мониторинга, b_i – значение загрузки сервера s_i при выполнении процессов мониторинга, $F_i(p)$ – дифференциальная функция стоимости использования ресурсов сервера s_i , в качестве которой предложено использовать зависимость от загрузки процессора сервера p средней длительности пребывания заявок клиентов корпоративной сети на сервере. Наиболее просто эту зависимость можно получить экспериментально, если в качестве заявок рассматривать запросы агентов на опрос.

Необходимо отметить наличие определенной согласованности между целевыми функциями $g_1(Q)$ и $g_2(Q)$, что позволяет использовать однокритериальную модель с целевой функцией $g_2(Q)$ для приближенного решения многокритериальной задачи.

Рассмотрим вопросы определения целевой функции $g_2(Q)$. Для начала отметим, что для каждого сервера-агента необходимо получить зависимость $F_i(\rho)$, которую в дальнейшем будем называть нагрузочным профилем сервера. Такую зависимость можно смоделировать только в рамках разомкнутых моделей массового обслуживания, в которых поток заявок на опрос не зависит от того, сколько заявок уже обслуживается сервером. Для реализации такого потока заявок проще всего использовать запуск заданий на опрос с определенным периодом. Такой опрос упрощает решение проблемы, связанной с возможностью перегрузки сервера. Другими словами, процессы опроса должны быть управляемыми и не должны перегружать серверы, на которых функционируют агенты.

Для построения зависимости длительности опроса от нагрузки на процессор сервера-агента необходимо программами опроса создавать дискретные уровни загрузки и измерять отклики системы. Допустим, что обработка одного источника данных будет занимать T_b процессорного времени. Для регулирования загрузки процессора предлагается запускать опрос источников данных с определенным периодом T_s . Пусть $\rho_{mi} = T_b / T_s$ - дополнительная загрузка, которую создают потоки опроса на сервере s_i . Пример применения потоков с заданным периодом опроса для управления загрузкой процессора приведен на рисунке 3. На обеих диаграммах (рис. 3 (а, б)) планируемая загрузка процессора составляет 0,5. В первом случае (рис. 3 (а)) работает один поток. Однако фактическая длительность опроса одного источника данных может занимать значительно больше времени, чем T_b или $2T_b$. Поэтому для создания такой же нагрузки предлагается запускать для опроса несколько потоков (рис. 3 (б)), но с большим периодом опроса.

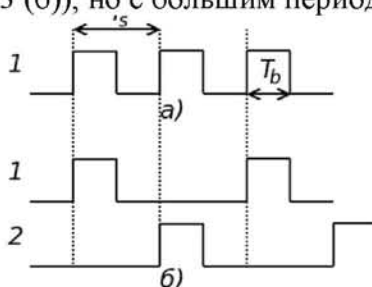


Рисунок 3 – Использование потоков опроса для регулирования загрузки

Исследования показали, что значения расчетной и получаемой на практике загрузки практически полностью совпадают (погрешность не более 6%). Следовательно, при опросе можно довольно точно прогнозировать нагрузку на процессор, которую создаст система мониторинга.

Нагрузочный профиль сервера предлагается строить во время опроса, измеряя время ответа при разных уровнях загрузки процессора. Постепенное увеличение доли загрузки, которую создают потоки системы мониторинга, обеспечивается увеличением величины загрузки процессора $\rho_{mi} = T_{bi} / T_s$, создаваемой i -м потоком опроса. Под доступным для системы мониторинга диапазоном загрузки будем понимать разницу между текущей загрузкой процессора сервера (загрузкой заданиями корпоративной сети) и максимально разрешенной загрузкой. Предлагается делить доступный для системы мониторинга диапазон загрузки на несколько частей (в проводимых экспериментах использовались 4 граничные точки), а для каждой части (точки) интервала вычислять среднее время ответа. Например, если разрешенная загрузка $b = 0,7$, а текущая основная загрузка сервера $a_1 = 0,1$, то доступный диапазон для дополнительной загрузки равен 0,6. Выделим точки 0,15; 0,3; 0,45; 0,6 на данном интервале. В общей загрузке процессора сервера это будут точки 0,25; 0,4;

0,55; 0,7 (квадраты на рисунке 4). Для этих точек измеряется среднее время ответа (среднее время опроса).

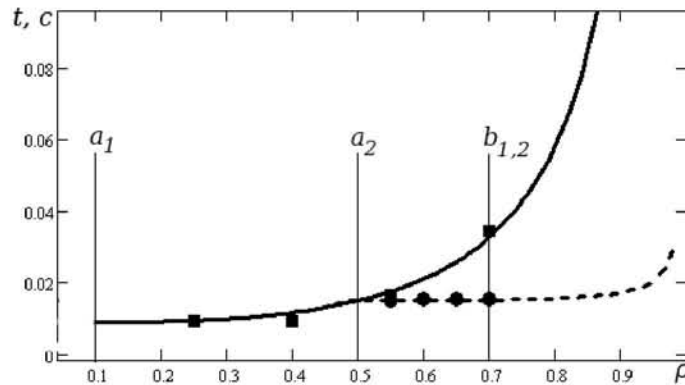


Рисунок 4 – Точки для построения нагрузочных профилей серверов

Полученные результаты измерений будем использовать для определения аналитических выражений для нагрузочных профилей серверов. Пусть $F(\lambda)$ – зависимость среднего времени пребывания в открытой сети массового обслуживания (СеМО) от интенсивности входного потока заявок, а λ_m – пропускная способность СеМО. В [9] предлагается использовать следующее приближение для $F(\lambda)$:

$$F^*(\lambda) = A\lambda \frac{1-B\lambda}{1-C\lambda} + T^0,$$

где $0 < \lambda < \lambda_m$, $C = 1/\lambda_m$.

Если промасштабировать эту зависимость, заменив λ на $x = \lambda/\lambda_m$, получим приближение

$$T^*(x) = A^* x \frac{1-B^*x}{1-x} + T^0,$$

которое можно использовать в качестве аналитического приближения нагрузочного профиля сервера $T(\rho)$.

Предлагается строить нагрузочные профили по двум крайним точкам диапазона доступной загрузки – первой $(x_1, T(x_1))$ и последней $(x_2, T(x_2))$. Поскольку T^0 определяет $T(\rho)$ при $\rho \rightarrow 0$, а диапазон $0 < x < x_1$ не используется системой мониторинга, выберем значение T^0 , исходя из предположения, что точка x_1 находится на начальном, практически горизонтальном участке функции $T(\rho)$. Поэтому примем, что $T^0 = T(x_1)(1-\varepsilon)$, где $\varepsilon = 0,01$. Тогда получим:

$$B^* = \frac{x_1(T(x_2) - T^0)(1-x_2) - x_2(T(x_1) - T^0)(1-x_1)}{x_1^2(T(x_2) - T^0)(1-x_2) - x_2^2(T(x_1) - T^0)(1-x_1)},$$

$$A^* = \frac{(T(x_2) - T^0)(1-x_2)}{x_2(1-B^*x_2)}.$$

На рисунке 4 сплошной и штриховой линиями показаны профили для двух разных серверов, построенные с использованием приближения $T^*(x)$. Точки, по которым производилось построение профилей, показаны на рисунке 4 кругами и квадратами. Нагрузочный профиль второго, более мощного сервера, строился при уровне текущей нагрузки $a_2 = 0,5$.

Эксперименты показывают, что нагрузочные профили для одного сервера, построенные при разных значениях основной загрузки сервера и различных диапазонов разрешенной загрузки, практически совпадают. Однако его уточнение необходимо

производить при каждом опросе на случай возможного изменения характеристик сервера. Если на реальных серверах изменение аппаратной части происходит не часто, то изменение характеристик виртуальных серверов вполне возможно.

Если A_i^*, B_i^*, T_i^0 – коэффициенты приближения $T_i^*(\rho)$ для нагрузочного профиля сервера s_i , то выражение целевой функции $g_2(Q)$ будет следующим:

$$\begin{aligned} g_2(Q) &= \min_{q \in Q} \sum_{s_i \in SA} \int_{a_i}^{b_i} T_i^*(\rho) d\rho = \\ &= \min_{q \in Q} \sum_{s_i \in SA} \left[A_i^* \left(B_i^* \frac{\rho^2}{2} + (B_i^* - 1)(\ln(\rho - 1) + \rho) \right) + \rho T_i^0 \right]_{a_i}^{b_i} = \\ &= \min_{q \in Q} \sum_{s_i \in SA} \left[A_i^* \left(B_i^* \frac{b_i^2 - a_i^2}{2} + (B_i^* - 1)(\ln(b_i - 1) - \ln(a_i - 1) + b_i - a_i) \right) + (b_i - a_i) T_i^0 \right] \end{aligned}$$

Для реализации системы мониторинга авторами выбран язык программирования Perl, имеющий множество различных модулей, необходимых для реализации системы: модули для работы с протоколом SNMP, модули для работы с RRD и базами данных и пр. Кроме того, язык является переносимым, система может быть портирована на другие платформы. В качестве базовой авторами рассматривается операционная система Linux. Для синхронизации множества потоков можно использовать очередь сообщений, реализованную в модуле Thread::Queue, а для порождения самих потоков модуль threads. При этом управляющий поток должен помещать в очередь сообщения с заданиями через период T_s . Задержки можно создавать при помощи функции Time::HiRes::nanosleep [10], которая является представлением системного вызова nanosleep. Linux не является операционной системой реального времени, поэтому данный системный вызов гарантирует, что блокировка будет произведена на время не меньшее, чем передано вызову. После окончания ожидания задание может не выполняться некоторое время, пока не освободится процессор. При повторном вызове период может также немного увеличиться. Учитывая большое число источников данных, небольшое увеличение периодов будет складываться и снизит общую нагрузку на систему, а также увеличит общее время опроса. По указанным причинам для управления нагрузкой, которую создает система мониторинга, лучше использовать цикл обработки событий (event loop).

Модуль Perl AnyEvent поддерживает различные циклы обработки событий: EV, Event, Glib, Tk, Perl, Event::Lib, Irssi, rxvt-unicode, IO::Async, Qt, FLTK, POE. Функция AnyEvent->timer позволяет генерировать события с заданным периодом. По причинам, описанным выше, события могут поступать неравномерно, однако их количество на интервале опроса уменьшаться не будет. Поэтому снижения создаваемой нагрузки от расчетной не происходит, и время опроса не увеличивается.

Использование потоков для распараллеливания также имеет ряд проблем. Основная проблема в использовании памяти. Кроме того, в операционной системе Linux легковесных потоков (threads) как таковых не существует. Новые процессы и POSIX совместимые потоки создаются одним системным вызовом clone. Потоки являются процессами с одинаковым PID и единым контекстом исполнения, памятью, таблицей файловых дескрипторов, таблицей обработчиков сигналов [11]. Планировщик заданий также работает с процессами. Потоки Perl требуют еще больше памяти, т.к. с версии Perl 5.8 каждый порождаемый поток создает новую копию интерпретатора. Так, при порождении 10 потоков мониторинга размер используемой виртуальной памяти составляет 160 МБ, а резидентной – 50 МБ. Понятно, что при использовании одного процессорного ядра множество потоков необходимо только для ухода от блокирующихся вызовов (сетевых запросов или дисковых операций). На одном ядре переключение контекста между потоками может занимать больше ресурсов, чем выполнение самого потока [12].

В связи с этим предлагается использовать модуль Cogo, реализующий концепцию сопрограмм. Сопрограмма модуля Cogo синтаксически оформляется как поток (для вызова используется функция `asunc`, как и в модуле `Thread`). Однако все сопрограммы выполняются в контексте одного процесса (и одного потока) даже на многопроцессорных машинах. Переключение контекста между сопрограммами осуществляется Cogo только при необходимости: например, если одна сопрограмма блокируется системным вызовом, управление передается другой. Cogo предоставляет общее адресное пространство, которое делает взаимодействие между сопрограммами очень простым. Таким образом, максимально используются ресурсы процессора, которые не используются на переключение контекста между потоками. Тест производительности по параллельному перемножению матриц (очень интенсивный с точки зрения межпотокowego взаимодействия) выполняется на одном ядре с использованием модуля Cogo в 300 раз быстрее, чем на четырех ядрах при использовании псевдо-потоков Perl [12]. Эксперименты показывают, что загрузка процессора одинакова при запуске 10 потоков и 10 сопрограмм (для одноядерных процессоров). Однако при этом значительно снижается потребление памяти – при запуске любого количества сопрограмм программе мониторинга требовалось 28 МБ виртуальной памяти и 10 МБ резидентной.

Управление загрузкой при использовании сопрограмм также осуществляется путем регулирования интенсивности поступления заданий при помощи модуля `Cogo::Channel`, который представляет собой реализацию очереди сообщений для сопрограмм. Так можно добиться, чтобы процесс мониторинга занимал определенную долю в загрузке процессора.

Описанный выше подход хорошо работает в рамках одного процесса и малоэффективен на многопроцессорных машинах. Поэтому таких процессов предлагается запускать несколько – по количеству процессоров или процессорных ядер. Каждый процесс функционирует со своей интенсивностью поступления заданий (соответственно, использует собственную часть процессорной загрузки), но задания берутся из единого массива, а индекс следующего элемента определяется переменной, хранящейся в общей памяти при помощи модуля `Cache::FastMmap`. Модуль `Cache::FastMmap` создает файл и отображает его в оперативную память. Для повышения быстродействия модуль написан на языке C. Отображение файла осуществляется системным вызовом `mmap`, а блокировки процессов – вызовом `fcntl`. Данный модуль хорошо подходит для хранения индекса следующего элемента, т.к. функция `get_and_set` позволяет произвести чтение, модифицирование и запись данного индекса атомарно. Таким образом, использование сохраненных решений и модуля Cogo позволяет снизить потребление ресурсов для гостевой распределенной системы мониторинга.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Matthew L. Massie, Brent N. Chun, David E. Culler. The ganglia distributed monitoring system: design, implementation and experience // *Parallel Computing*, 2004. – № 30. – P. 817-840.
2. Distributed Nagios eXecutor. Intellectual Reserve, Inc, 2010 [Электронный ресурс]. – URL: <http://dnx.sourceforge.net/> (дата обращения 19.09.2011).
3. David P. Anderson. BOINC: A System for Public-Resource Computing and Storage. Space Sciences Laboratory, University of California at Berkeley, 2004.
4. Бабич А.В., Берсенов Г.Б. Алгоритмы динамической балансировки нагрузки в распределенной системе активного мониторинга // *Известия ТулГУ. Технические науки*. – В 3 ч. – Ч. 3. – Вып. 5. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2011. – С. 251-261.
5. Бабич А.В., Берсенов Г.Б. Представление ресурсов в алгоритмах балансировки распределенной системы мониторинга // *Тулеский государственный университет. Интеллектуальные и информационные системы: материалы всероссийской научно-технической конференции*. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2011. – С. 6-8.
6. Devel::Size – [search.cpan.org](http://search.cpan.org/~nwclark/Devel-Size-0.77/lib/Devel/Size.pm). [Электронный ресурс]. – URL: <http://search.cpan.org/~nwclark/Devel-Size-0.77/lib/Devel/Size.pm> (дата обращения 27.09.2011).
7. Devel::Size::Report – [search.cpan.org](http://search.cpan.org/~tels/Devel-Size-Report-0.13/lib/Devel/Size/Report.pm). [Электронный ресурс]. – URL: <http://search.cpan.org/~tels/Devel-Size-Report-0.13/lib/Devel/Size/Report.pm> (дата обращения 27.09.2011).

8. Берсенева Г.Б., Бабич А.В. Многокритериальный подход к управлению нагрузкой в распределенной системе мониторинга // Вычислительная техника и информационные технологии. Сборник научных статей. – Вып. 2. – Тула: ТулГУ, 2010. – С. 3-10.
9. Берсенева Г.Б., Малинин Д.И. Использование приближений для открытых сетей массового обслуживания с многоканальными узлами // XLV Всероссийская конференция по проблемам математики, информатики, физики и химии: тезисы докладов. Секции математики и информатики. – М.: РУДН, 2009. – С. 194-195.
10. Time::HiRes – search.cpan.org. [Электронный ресурс]. – URL: <http://search.cpan.org/~zefram/Time-HiRes-1.9724/HiRes.pm> (дата обращения 29.12.2011).
11. Clone(2): create a child process - Linux man page. [Электронный ресурс]. – URL: <http://linux.die.net/man/2/clone> (дата обращения 25.01.2012).
12. Coro – search.cpan.org. [Электронный ресурс]. – URL: <http://search.cpan.org/~mlehmman/Coro-6.07/Coro.pm> (дата обращения 25.01.2012).

Бабич Алексей Васильевич

Тульский государственный университет, г. Тула

Аспирант кафедры «ЭВМ», программист Областного центра новых информационных технологий

Тел.: 8 920 273 25 34

E-mail: babich@tula.ru

A.V. BABICH (*Post-graduate student of the department «Computers»,
Programmer of the Regional Centre of New Information Technologies*)

Tula State University

INCREASING EFFICIENCY OF DISTRIBUTED GUEST MONITORING SYSTEM WORK

Questions of load balancing with solutions saving for distributed guest network monitoring system are considered. Load profiles building method is proposed. Approximations for estimation and choice of the best solution are obtained. The research of different realization of polling organization are carried out.

Keywords: *network monitoring; SNMP; distributed guest system; load balancing; analytic approximations; solution choice.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Matthew L. Massie, Brent N. Chun, David E. Culler. The ganglia distributed monitoring system: design, implementation and experience // Parallel Computing, 2004. – № 30. – P. 817-840.
2. Distributed Nagios eXecutor. Intellectual Reserve, Inc, 2010 [Электронный ресурс]. – URL: <http://dnx.sourceforge.net/> (дата обращения 19.09.2011).
3. David P. Anderson. BOINC: A System for Public-Resource Computing and Storage. Space Sciences Laboratory, University of California at Berkeley, 2004.
4. Babich A.V., Bersenev G.B. Algoritmy' dinamicheskoy balansirovki nagruzki v raspredelyonnoy sisteme aktivnogo monitoringa // Izvestiya TulGU. Texnicheskie nauki. – V 3 ch. – Ch. 3. – Vy'p. 5. – Tula: Izd-vo TulGUT, 2011. – S. 251-261.
5. Babich A.V., Bersenev G.B. Predstavlenie resursov v algoritmax balansirovki raspredelyonnoy sisteme monitoring // Tul'skiy gosudarstvenny'j universitet. Intellektual'ny'e i informacionny'e sistemy': materialy' vserossijskoj nauchno-texnicheskoj konferencii. – Tula: Izd-vo TulGUT, 2011. – S. 6-8.
6. Devel::Size – search.cpan.org. [Электронный ресурс]. – URL: <http://search.cpan.org/~nwclark/Devel-Size-0.77/lib/Devel/Size.pm> (дата обращения 27.09.2011).
7. Devel::Size::Report – search.cpan.org. [Электронный ресурс]. – URL: <http://search.cpan.org/~tels/Devel-Size-Report-0.13/lib/Devel/Size/Report.pm> (дата обращения 27.09.2011).
8. Bersenev G.B., Babich A.V. Mnogokriterial'ny'j podxod k upravleniyu nagruzkoj v raspredelyonnoy sisteme monitoringa // Vy'chislitel'naya texnika i informacionny'e texnologii. Sbornik nauchny'x statej. – Vy'p. 2. – Tula: TulGU, 2010. – S. 3-10.
9. Bersenev G.B., Malinin D.I. Ispol'zovanie priblizhenij dlya otkry'ty'x setej massovogo obsluzhivaniya s mnogokanal'ny'mi uzlami // XLV Vserossiyskaya konferenciya po problemam matematiki, informatiki, fiziki i ximii: tezisy' dokladov. Sekcii matematiki i informatiki. – M.: RUDN, 2009. – S. 194-195.
10. Time::HiRes – search.cpan.org. [Электронный ресурс]. – URL: <http://search.cpan.org/~zefram/Time-HiRes-1.9724/HiRes.pm> (дата обращения 29.12.2011).
11. Clone(2): create a child process - Linux man page. [Электронный ресурс]. – URL: <http://linux.die.net/man/2/clone> (дата обращения 25.01.2012).
12. Coro – search.cpan.org. [Электронный ресурс]. – URL: <http://search.cpan.org/~mlehmman/Coro-6.07/Coro.pm> (дата обращения 25.01.2012).

А.Е. МИРОНОВ, А.Н. ПЕРЕВЕРЗЕВ

АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ КАНАЛЬНОГО РЕСУРСА ЗВЕНА МУЛЬТИСЕРВИСНОЙ СЕТИ С УЧЕТОМ РАЗНЫХ ТРЕБОВАНИЙ К КАЧЕСТВУ ОБСЛУЖИВАНИЯ

Снижение необходимого канального ресурса при совместном обслуживании потоков в мультисервисных сетях может быть достигнуто за счет учета разных требований к качеству их обслуживания при выборе порогов резервирования. В статье предложен новый алгоритм нахождения канального ресурса и порогов резервирования для обеспечения разных требований к качеству обслуживания. Показана возможность снижения необходимого канального ресурса.

Ключевые слова: канальный ресурс; мультисервисная сеть; порог резервирования; совместное обслуживание.

В настоящее время в условиях развития инфокоммуникационных технологий появилась возможность существенно расширять спектр запрашиваемых пользователями услуг с обеспечением требуемого качества обслуживания (Quality of Service, QoS). При этом все более востребованными являются персонализированные услуги связи, предоставление которых необходимо обеспечить в разных точках сети. Для этого необходима поддержка роуминга данных услуг. Данная концепция получила название Quadruple Play (4 Play), для реализации которой предложена технология IP Multimedia Subsystem (IMS).

В период перехода к сетям следующего поколения (Next Generation Network, NGN) или так называемым мультисервисным сетям появление IMS – закономерный результат [1]. Парадигма предоставления услуг связи заключается в установлении соединений и последующем взаимодействии мобильных и фиксированных оконечных устройств на базе протокола IP. Архитектура IMS разработана в 2002 году консорциумом 3rd Generation Partnership Project (3GPP) и стандартизована в спецификациях 3GPP R.5. Изначально ее применение планировалось для сетей 3G/WCDMA.

В условиях многообразия услуг, предоставляемых мультисервисными сетями, возможно предъявление разных требований к качеству обслуживания. Таким образом, актуальной является задача обеспечения обслуживания мультисервисного трафика с требуемым качеством. В сетях на базе коммутации пакетных технологий качество передачи информации можно оценивать как с позиции технических параметров движения информационных пакетов по сети (потери пакетов, джиттер, задержка и т.д.), так и с позиции восприятия абонентом доступности и приемлемости получаемого сервиса [2]. В [2] для оценки качества обслуживания предлагается взять значение доли потерянных заявок (π).

При формализованном расчете необходимой пропускной способности для обеспечения QoS можно использовать следующую схему, предложенную в [2], получившую широкое применение. Сущность ее заключается в следующем. Пусть анализируемая модель сети, состоит из J цифровых линий. Любая линия с номером i ($i = \overline{1, J}$) имеет фиксированную скорость передачи G_i бит/с. Сеть обслуживает n потоков заявок на передачу информации различных сервисов. Потоки информации следуют от исходящего узла к входящему узлу по какому-то фиксированному пути для данного потока.

Для обслуживания заявки k -го потока требуется ресурс передачи в объеме D_k битов в секунду в каждой из линий, составляющих маршрут следования рассматриваемого информационного потока. Вводится допущение о том, что значение D_k не меняется за время обслуживания заявки и оценивается на основе величины пиковой или эффективной скоростей передачи [2].

Исходя из вышесказанного, единицей канального ресурса (w) называется наибольший общий делитель (НОД) целочисленных значений скоростей $G_1, G_2, \dots, G_i$ всех

линий и требований к скоростям обслуживания $D_1, D_2, \dots, D_n$ всех n потоков заявок, обслуживаемых сетью:

$$w = \text{НОД}(G_1, G_2, \dots, G, D_1, D_2, \dots, D_n).$$

В этом случае целочисленное представление скорости i -ой линии будет иметь вид $V_i = \frac{G_i}{w}$ канальных единиц, а целочисленное требование к скорости обслуживания заявок j -го потока ($j = \overline{1, n}$) представлено как $b_j = \frac{D_j}{w}$ [2].

В исследуемой модели мультисервисной линии имеется n независимых потоков заявок на выделение канального ресурса. Пусть поступление заявок k -го потока ($k = \overline{1, n}$) подчиняется закону Пуассона. Интенсивность поступления заявок k -го потока обозначим через $\lambda_k = \text{const}$. Величина интенсивности потока лежит в пределах $0 < \lambda_k < \infty$.

Пусть V – скорость передачи информации мультисервисной линии, выраженная в единицах канального ресурса. Число единиц ресурса линии, необходимое для обслуживания одной заявки k -го потока, обозначим символом b_k .

Длительность занятия ресурса является случайной величиной, распределенной по экспоненциальному закону. Среднее время занятия канального ресурса на обслуживание одной заявки k -го потока равно $\frac{1}{\mu_k}$, где $0 < \mu_k < \infty$.

Величины V и b_k – целые положительные числа.

Дисциплина обслуживания заявок с явными потерями, т.е. в случае нехватки необходимого объема канального ресурса заявки получают отказ и повторно для обслуживания в систему не поступают.

В [2] предлагается алгоритм с использованием рекурсивных формул для нахождения введенного параметра качества обслуживания π_k для каждого из n информационных потоков.

Пусть i_k – число заявок k -го потока, находящихся на обслуживании в момент времени t , тогда число единиц канального ресурса занятых обслуживанием всех информационных потоков:

$$i_1 b_1 + i_2 b_2 + i_3 b_3 + \dots + i_n b_n = r.$$

Вероятность занятия r единиц канального ресурса

$$p(r) = \sum_{(i_1, i_2, \dots, i_n) \in S} p(i_1, i_2, \dots, i_n),$$

где $p(i_1, i_2, \dots, i_n)$ – вероятность прибытия линии в состоянии $(i_1, i_2, \dots, i_n)$.

При этом выражение для нахождения параметра QoS (доля потерянных заявок) принимает следующий вид:

$$\pi_k = \sum_{r=V-b_k+1}^V p(r), \quad (1)$$

где $p(r)$ – нормированное значение вероятностей.

Значение вероятностей $p(r)$ могут быть получены с применением рекурсивной формулы:

$$P(r) = \begin{cases} 1, & r = 0, \\ \frac{1}{r} \cdot \sum_{k=1}^n a_k \cdot b_k \cdot P(r - b_k) \cdot I(r - b_k \geq 0), & r = 1, 2, \dots, V, \end{cases} \quad (2)$$

где $P(r)$ – ненормированные значения вероятностей,

a_k – интенсивность поступающей нагрузки k -го потока;

$I(r - b_k \geq 0)$ – индикаторная функция, определяемая соотношением

$$I(r - b_k \geq 0) = \begin{cases} 1, & \text{если выполнено условие в скобках,} \\ 0, & \text{если условие в скобках не выполнено.} \end{cases}$$

Далее вычисляется значение нормировочной константы

$$N = \sum_{r=0}^V P(r).$$

Определяются нормированные значения вероятностей состояний системы

$$p(r) = \frac{P(r)}{N}, r = 0, 1, \dots, V.$$

Вероятность потерь π_k будет иметь большее значение у заявок того потока, у которых b_j наибольшее. Это объясняется тем, что с ростом интенсивности предложенного трафика на одну единицу канального ресурса заявки, требующие меньшего числа единиц канального ресурса, вытесняют с обслуживания заявки, требующие большего числа единиц канального ресурса [2, 3]. В результате этого заявки требующие большего числа единиц канального ресурса испытывают большие потери. Исходя из этого, достаточность ресурса оценивается сравнением значения выбранного функционала

$$\pi = \max_{1 \leq k \leq n} \pi_k, \quad (3)$$

с его нормированной величиной. То есть происходит сравнение параметра качества обслуживания заявок наиболее ресурсоемкого потока с требуемым значением. Если канального ресурса недостаточно, то его объем увеличивается и расчёты повторяются.

Результаты расчетов по данному алгоритму представлены в таблице 1, а графики зависимости доли потерянных заявок от числа единиц канального ресурса – на рисунке 1. Исходные данные: $n=10$, $b_1=1$, $b_2=2$, $b_3=5$, $b_4=10$, $b_5=12$, $b_6=15$, $b_7=20$, $b_8=22$, $b_9=25$, $b_{10}=30$, $a_1=20$, $a_2=15$, $a_3=13$, $a_4=11$, $a_5=10$, $a_6=9$, $a_7=7$, $a_8=6$, $a_9=5$, $a_{10}=4$, $\pi_{1mp} = \pi_{2mp} = \pi_{3mp} = \pi_{4mp} = \pi_{5mp} = \pi_{6mp} = \pi_{7mp} = \pi_{8mp} = 0,01$, $\pi_{9mp} = 0,02$, $\pi_{10mp} = 0,03$.

Для решения проблемы связанной с тем, что заявки, требующие большего числа единиц канального ресурса, испытывают большие потери, необходимо использовать механизмы контроля за распределением канального ресурса, одним из которых является резервирование.

Таблица 1 – Результаты расчетов требуемого канального ресурса с учетом функционала (3)

V	1208	1209	1210	1211	1212
π_1	$8.77 \cdot 10^{-4}$	$8.664 \cdot 10^{-4}$	$8.559 \cdot 10^{-4}$	$8.454 \cdot 10^{-4}$	$8.351 \cdot 10^{-3}$
π_2	$1.764 \cdot 10^{-3}$	$1.743 \cdot 10^{-3}$	$1.721 \cdot 10^{-3}$	$1.701 \cdot 10^{-3}$	$1.68 \cdot 10^{-3}$
π_3	$4.485 \cdot 10^{-3}$	$4.431 \cdot 10^{-3}$	$4.378 \cdot 10^{-3}$	$4.325 \cdot 10^{-3}$	$4.272 \cdot 10^{-3}$
π_4	$9.225 \cdot 10^{-3}$	$9.115 \cdot 10^{-3}$	$9.007 \cdot 10^{-3}$	$8.899 \cdot 10^{-3}$	$8.792 \cdot 10^{-3}$
π_5	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011
π_6	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014
π_7	0.02	0.019	0.019	0.019	0.019
π_8	0.022	0.021	0.021	0.021	0.021
π_9	0.025	0.025	0.024	0.024	0.024
π_{10}	0.031	0.031	0.03	0.03	0.03

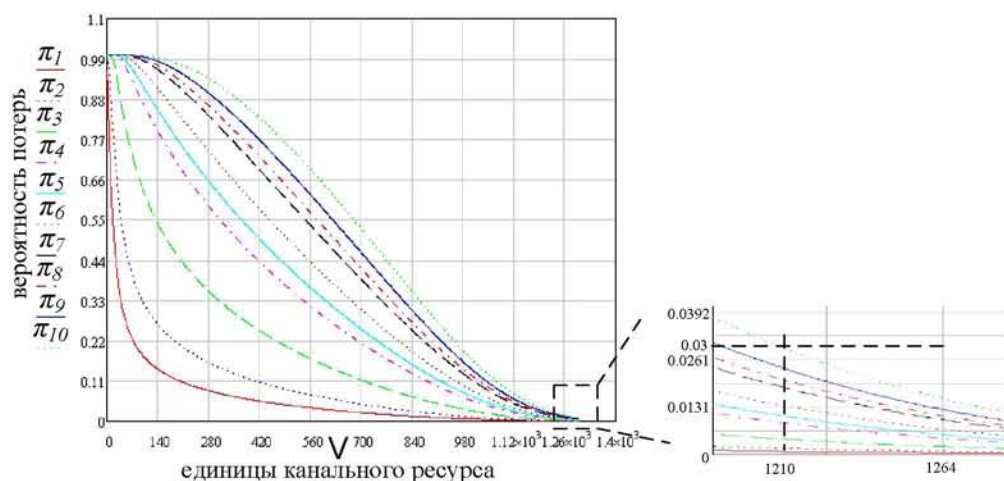


Рисунок 1 – Зависимость вероятности потерь разнотипных вызовов при совместном обслуживании от величины канального ресурса

Механизм резервирования является одним из самых удобных средств оказания влияния на значение показателей качества обслуживания разнотипных заявок при их совместном обслуживании. Наличие технических средств современных мультисервисных сетей позволяет его реализовать без особых трудностей. Суть данного механизма заключается в том, что с каждым потоком нагрузки связывается целое число q_k , называемое порогом резервирования k -го потока. При поступлении заявок k -го потока на выделение канального ресурса выясняется, как много ресурса занято обслуживанием заявок всех потоков r . Если выполняется условие $r > q_k$, то поступившая заявка k -го потока считается потерянной и не возобновляется. Если условие не выполняется, заявка обслуживается.

В [2] предложено выравнивание потерь с помощью резервирования с использованием модифицированного выражения (2):

$$P(r) = \begin{cases} 1, & r = 0, \\ \frac{1}{r} \cdot \sum_{k=1}^n a_k \cdot b_k \cdot P(r - b_k) \cdot I(0 \leq r - b_k \leq q_k), & r = 1, 2, \dots, V. \end{cases} \quad (4)$$

При этом формула для вычисления параметра качества обслуживания принимает следующий вид:

$$\pi_k = \frac{\sum_{r=\min(V-b_k, q_k)+1}^V p(r)}{1}. \quad (5)$$

В [2] предлагается осуществлять выравнивание потерь при условии:

$$q_k = V - \max b_k. \quad (6)$$

Результаты расчетов по данному алгоритму при совместном обслуживании с резервированием и с учетом условия (6) представлены в таблице 2, а графики зависимости доли потерянных заявок от числа единиц канального ресурса с резервированием – на рисунке 1. Расчет проводился для исходных данных, заданных выше. Полученные результаты, представленные в таблице 2 и на рисунке 2, показывают, что данный алгоритм позволяет найти значения параметров качества обслуживания каждого из n информационных потоком. Кроме того, используя данный алгоритм, можно рассчитать значение необходимого канального ресурса для выполнения требований по качеству обслуживания.

Как видно, представленные алгоритмы позволяют решать задачи анализа и задачи синтеза систем распределения информации. Из таблицы 1 видно, что алгоритм завершает свою работу с учетом функционала (3) на значении объема канального ресурса $V = 1210$. Однако при таком объеме канального ресурса не выполняются требования по качеству обслуживания для пятого, шестого, седьмого, восьмого и девятого потоков. При введении

механизма резервирования с учетом условия (6), значение объема канального ресурса будет равно $V = 1260$. Таким образом, предложенный алгоритм позволил рассчитать значение канального ресурса с учетом выполнения требований по качеству обслуживания для всех типов потоков. Однако, требования для девятого и десятого потоков оказались завышенными. С точки зрения качества предоставления услуг мультисервисной сетью это хорошо, но с другой стороны это приводит к завышению необходимого канального ресурса. Очевидно, требуется такой алгоритм, который бы позволил рассчитать значения порогов резервирования и объема канального ресурса для выполнения разных требований к качеству обслуживания с учетом минимального канального ресурса.

Таблица 2 – Результаты расчетов требуемого канального ресурса с учетом резервирования и условия (6)

V	1258	1259	1260	1261	1262
π_1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
π_2	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
π_3	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
π_4	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
π_5	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
π_6	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
π_7	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
π_8	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
π_9	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
π_{10}	0.012	0.011	0.01	0.01	0.01

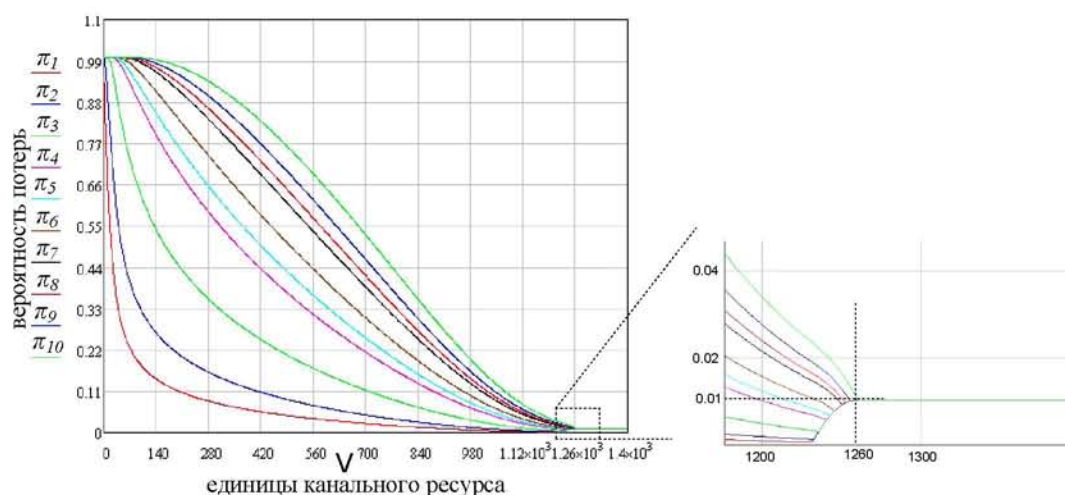


Рисунок 2 – Зависимость вероятности потерь разнотипных вызовов при совместном обслуживании от величины канального ресурса с использованием резервирования

В предлагаемом алгоритме использовались выражения (1), (2), (4), (5). С помощью этих формул рассчитаны значения порогов резервирования при разных требованиях к QoS. На рисунке 2 представлена основная содержательная часть алгоритма.

Результаты расчетов по предлагаемому алгоритму при совместном обслуживании с резервированием и с учетом условия различных требований к качеству обслуживания представлены в таблице 3, а графики зависимости доли потерянных заявок от числа единиц канального ресурса и порогов резервирования на рисунке 3. Расчет проводился для исходных данных, заданных выше. Как видно из представленной таблицы 3 и рисунка 4, данный алгоритм позволяет найти значения порогов резервирования и объем канального ресурса с учетом разных требований к качеству обслуживания каждого из n информационных потоком.

Шаг 1. Ввод исходных данных: $n, b_k, a_k, \pi_{k\text{ мр}}$, где $a_k = \lambda_k / \mu_k$.

Шаг 2. $P(0)=1$.

Шаг 3. Для i , (меняющихся от 1 до V , с шагом +1), рассчитать ненормированные значения вероятностей $P(i)$, начальное значение $i=1$:

$$P(i) = \frac{1}{i} \sum_{k=1}^n a_k b_k P(i - b_k) I(i - b_k \geq 0), i = 1, \dots, V.$$

Шаг 4. Рассчитать значение нормировочной константы: $N = \sum_{i=0}^V P(i)$.

Шаг 5. Рассчитать нормированные значения вероятностей $p(i)$: $p(i) = \frac{P(i)}{N}$.

Шаг 6. Определить параметры качества обслуживания каждого из n информационных потоков: $\pi_k = \sum_{i=V-b_k+1}^V p(i)$.

Шаг 7. Сравнить определенные характеристики качества обслуживания с требуемыми: $\pi_k > \pi_{k\text{ мр}}$, если да, $i + 1$, переход к шагу 3, если нет, переход к шагу 8.

Шаг 8. Задать начальные значения порогов резервирования $q_{k\text{ нач}}: q_{k\text{ нач}} = V$.

Шаг 9. $P(0)=1$.

Шаг 10. Рассчитать ненормированные значения вероятностей $P(r)$, r меняется от 1 до V

$$P(r) = \frac{1}{r} \sum_{k=1}^n a_k b_k P(r - b_k) I(0 \leq r - b_k \leq q_k), r = 1, \dots, V.$$

Шаг 11. Рассчитать значение нормировочной константы: $N = \sum_{r=0}^V P(r)$.

Шаг 12. Рассчитать нормированные значения вероятностей $p(r)$: $p(r) = \frac{P(r)}{N}$.

Шаг 13. Определить параметры качества обслуживания каждого из n информационных потоков: $\pi_k = \sum_{r=\min(V-b_k, q_{k\text{ нач}})+1}^V p(r)$.

Шаг 14. Сравнить определенные характеристики качества обслуживания с требуемыми: $\pi_k < \pi_{k\text{ мр}}$, если да, $q_{k\text{ нач}} - 1$, переход к шагу 10, если нет, переход к шагу 15.

Шаг 15. $\pi_k = \pi_{k\text{ мр}}$, если да, $q_{k\text{ нач}} - 1$, переход к шагу 10, если нет, $q_{k\text{ нач}} + 1$, расчет q_k закончен, переход к шагу 16.

Шаг 16. Сравнить определенные характеристики качества обслуживания с требуемыми (нахождение $V_{\min}$): $\pi_k \leq \pi_{k\text{ мр}}$, если да, $V - 1$, переход к шагу 17, если нет, $V + 1$, расчет $V_{\min}$ закончен.

Шаг 17. Определить параметры качества обслуживания каждого из n информационных потоков: $\pi_k = \sum_{r=\min(V-b_k, q_{k\text{ нач}})+1}^V p(r)$, переход к шагу 16.

Шаг 18. Конец.

Рисунок 3 – Содержательная форма алгоритма расчета порогов резервирования и канального ресурса с учетом разных требований к качеству обслуживания

Как видно из таблицы 3, значение необходимого канального ресурса для обеспечения требуемого качества $V = 1234$. Данное значение больше, чем полученное при расчетах с применением первого алгоритма, но в отличие от него требования по качеству обслуживания для всех потоков выполнены. Если сравнивать предложенный алгоритм со вторым, рассмотренным выше, то значение канального ресурса получилось меньше на 26 канальных единиц, а параметры качества обслуживания для всех потоков соответствуют требуемым значениям. Таким образом, дифференцированный подход к определению требуемых значений параметров качества обслуживания и их учет позволит (с учетом выбора порогов резервирования) уменьшить необходимый объем канального ресурса, который в условиях большого количества услуг предоставляемых мультисервисной сетью может оказаться существенным как на транспортной сети, так и на сети доступа. Выбор требуемых значений параметров качества обслуживания для каждого вида услуг с учетом особенностей функционирования мультисервисных сетей требует дальнейшего исследования.

Таблица 3 – Результаты расчетов требуемого канального ресурса с учетом рассчитанных порогов резервирования и разных требований к качеству обслуживания

V	1231	1232	1233	1234	1235
π_1	$9.96 \cdot 10^{-3}$	0.01	0.01	0.01	0.01
π_2	$9.96 \cdot 10^{-3}$	0.01	0.01	0.01	0.01
π_3	$9.96 \cdot 10^{-3}$	0.01	0.01	0.01	0.01
π_4	$9.96 \cdot 10^{-3}$	0.01	0.01	0.01	0.01
π_5	$9.96 \cdot 10^{-3}$	0.01	0.01	0.01	0.01
π_6	$9.96 \cdot 10^{-3}$	0.01	0.01	0.01	0.01

π_7	0.011	0.01	0.01	0.01	0.01
π_8	0.012	0.012	0.011	0.01	0.01
π_9	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
π_{10}	0.029	0.03	0.03	0.03	0.03

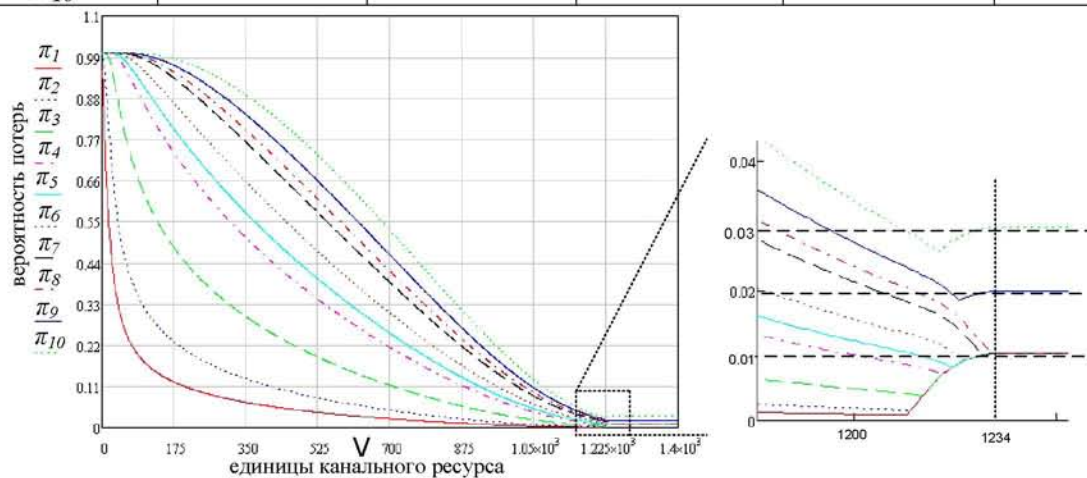


Рисунок 4 – Зависимость вероятности потерь разнотипных вызовов при совместном обслуживании от величины канального ресурса с использованием рассчитанных порогов резервирования

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бакланов И.Г. NGN: принципы построения и организации. – М.: Эко-Трендз, 2008. – 400 с.
2. Степанов С.Н. Основы телетрафика мультисервисных сетей. – М.: Эко-Трендз, 2010. – 392 с.
3. Васькин Ю.А. Анализ влияния параметров трафика на пропускную способность сети доступа к информационным ресурсам. – «Электросвязь», 2010. – № 4. – С. 37-41.
4. Битнер В.И., Михайлова Ц.Ц. Сети нового поколения – NGN. Учебное пособие для ВУЗов. – М.: Горячая линия-Телеком, 2011. – 226 с.
5. Наумов В.А., Самуйлов К.Е., Яркина Н.В. Теория телетрафика мультисервисных сетей: монография. – М.: РУДН, 2007. – 191 с.
6. Сычёв К.И. Многокритериальное проектирование мультисервисных сетей связи. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2008. – 272 с.
7. Кучерявый Е.А. Управление трафиком и качество обслуживания в сети Интернет. – СПб.: Наука и техника, 2004. – 336 с.

Миронов Александр Егорович

Академия ФСО России, г. Орел

Кандидат технических наук, доцент, начальник кафедры

Переверзев Алексей Николаевич

Академия ФСО России, г. Орел

Адъюнкт

Тел.: 8 910 303 86 58

A.E. MIRONOV (Candidate of Engineering Sciences,
Associate Professor, Head of Department)

A.N. PEREVERZEV (Adjunct)

Academy of Federal Agency of protection of the Russian Federation, Orel

THE ALGORITHM OF ESTIMATION CHANNEL RESOURCE MANAGEMENT MULTISERVICE
NETWORK WITH TAKING INTO ACCOUNT THE VARIOUS REQUIREMENTS TO THE
QUALITY OF SERVICE

The necessary channel resource decrease in the case of joint thread service in multiservice networks can be achieved by the taking into account the different requirements for quality of service in the stage of redundancy level selection. In the article the new algorithm of channel resource searching and redundancy level selection is considered. The possibility of necessary channel resource decrease is shown.

Keywords: channel resource; multiservice network; redundancy level; joint service.

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Baklanov I.G. NGN: principy' postroeniya i organizacii. – M.: E'ko-Trendz, 2008. – 400 s.
2. Stepanov S.N. Osnovy' teletrafika mul'tiservisny'x setej. – M.: E'ko-Trendz, 2010. – 392 s.
3. Vas'kin Yu.A. Analiz vliyaniya parametrov trafika na propusknuyu sposobnost' seti dostupa k informacionny'm resursam. – «E'lektrosvyaz'», 2010. – № 4. – S. 37-41.
4. Bitner V.I., Mixajlova Cz.Cz. Seti novogo pokoleniya – NGN. Uchebnoe posobie dlya VUZov. – M.: Goryachaya Liniya-Telekom, 2011. – 226 s.
5. Naumov V.A., Samujlov K.E., Yarkina N.V. Teoriya teletrafika mul'tiservisny'x setej: monografiya. – M.: RUDN, 2007. – 191 s.
6. Sy'chyov K.I. Mnogokriterial'noe proektirovanie mul'tiservisny'x setej svyazi. – SPb.: Izd-vo Politehn. un-ta, 2008. – 272 s.
7. Kucheryavy'j E.A. Upravlenie trafikom i kachestvo obsluzhivaniya v seti Internet. – SPb.: Nauka i texnika, 2004. – 336 s.

УДК 004.4: 004.9: 528.9: 912.43

С.И. ТИМОШЕНКО, В.И. СУХАНОВ, А.Н. ЗАСТРОЖНЫЙ

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНИМОСТИ WEB-ОРИЕНТИРОВАННЫХ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ЕАМ-СИСТЕМ

В статье рассмотрены вопросы использования бесплатных геоинформационных сервисов с открытыми программными интерфейсами типа OpenStreetMap и других для создания интегрированных в ЕАМ-системы ГИС. Разработан и исследован экспериментальный образец ЕАМ-системы, в котором реализован доступ для конечного пользователя к функциям ГИС через web-интерфейс с использованием возможностей стандартного браузера. Исследования проводились на задачах, решаемых энергетическими компаниями.

Ключевые слова: учет; управление активами; ЕАМ; картографическая информация; ГИС; геоинформационные технологии; сервисы.

ВВЕДЕНИЕ

Основные фонды – это средства труда, которые многократно участвуют в производственном процессе, сохраняя при этом свою натуральную форму, постепенно изнашиваясь, перенося свою стоимость по частям на вновь создаваемую продукцию. В бухгалтерском и налоговом учете отраженные в денежном выражении основные фонды называются основными средствами. К основным средствам относятся активы со сроком службы более одного года, используемые предприятием для осуществления производственной деятельности. Активы – это совокупность имущественных прав, т.е. прав владения, распоряжения и использования имуществом. Таким образом, основные средства представляют собой денежные средства, вложенные в основные фонды.

По данным за 2011 год [1] степень износа основных фондов в России по всем отраслям в среднем составила 44%. Износ основных фондов в отдельных отраслях промышленности достигает 80%, в то время как динамика их обновления не превышает 11%. Выше среднероссийского уровня изношены основные фонды, например, в Единой энергетической системе России, где износ составил более 50% [2]. При этом надежное функционирование объектов электроэнергетики обеспечивается систематическим проведением ремонтных работ, а предприятия энергетики сталкиваются со следующими проблемами [2]:

- неопределённость регламентов обслуживания оборудования с продленным сроком службы;
- отвлечение оборотных средств на складские запасы;
- те же конструктивные недостатки нового оборудования, что и старого;
- необоснованное завышение цен и затягивание ремонтных работ подрядчиками;
- неполная загрузка мощностей при сохранении полной стоимости их обслуживания;
- отсутствие желаемой отдачи от затрат на обслуживание основных фондов.

Для решения указанных проблем необходимо оптимизировать управление ремонтом оборудования, обеспечить максимальную доходность активов при минимальной совокупной стоимости владения ими, сохранив при этом необходимый уровень безопасности.

Enterprise Asset Management (EAM), по определению стандарта PAS 55 Британского института стандартов (British Standards Institution, BSI), – это систематическая и скоординированная деятельность организации, нацеленная на оптимальное управление физическими активами и режимами их работы, рисками и расходами на протяжении всего жизненного цикла для достижения и выполнения стратегических планов организации [3, 4]. Аббревиатура EAM введена в конце 1990-х годов аналитической компанией Gartner [5], специализирующейся на рынках информационных технологий.

Упомянутый выше стандарт PAS 55 (Publicly Available Specification 55) был разработан BSI совместно с различными отраслевыми предприятиями, использующими мощные системы управления корпоративными активами. По своей сути он является общедоступной спецификацией требований и рекомендаций по организации управления

производственными активами. На текущий день стандарт BSI PAS 55 обобщает лучшие мировые практики в области управления производственными активами предприятия.

ЕАМ-система [3,4] – это информационная система управления основными фондами предприятия. Её применение позволяет, не снижая уровня надёжности, сократить затраты на техобслуживание и ремонт, а также материально-техническое снабжение. ЕАМ-системы позволяют согласованно управлять следующими процессами:

- а) техническое обслуживание и ремонт (ТОиР);
- б) материально-техническое снабжение (МТС);
- в) управление складскими запасами (запчасти для ТОиР);
- г) управление финансами (в области ТОиР и МТС);
- д) управление персоналом (в области ТОиР и МТС);
- е) управление документами (в области ТОиР и МТС).

Согласно исследованиям консалтинговой группы А.Т. Kearney [6], эффект от внедрения ЕАМ-систем зависит от используемого показателя (табл. 1).

Таблица 1 – Эффект от внедрения ЕАМ-систем

Показатель	Эффект	Оценка эффекта
Затраты на обслуживание оборудования	▼	30%
Срочные закупки товарно-материальных ценностей (ТМЦ)	▼	29%
Складские запасы	▼	21%
Время ожидания материалов для проведения работ	▼	29%
Аварийные работы	▼	31%
Случаи нехватки запасов	▼	29%
Количество сверхурочных работ	▼	22%
Более выгодные цены накупаемые ТМЦ	▼	18%
Доля плановых ремонтов	▲	78%
Производительность работ по ТОиР	▲	29%
Коэффициент готовности оборудования	▲	17%

Исторически ЕАМ-системы возникли из CMMS-систем [7] – компьютеризированных систем управления техническим обслуживанием (Computerized Maintenance Management System). Это комплекс программного обеспечения, включающий базу данных оборудования предприятия, модули планирования проведения технического обслуживания и планово-предупредительного ремонта, оформления заявок на проведение ремонта, модули складского учёта и заявок на покупку материалов, финансового учёта. Сейчас модули ЕАМ входят также в состав крупных пакетов систем ERP (Enterprise Resource Planning, планирование ресурсов предприятия).

ВНЕДРЕНИЕ ЕАМ-СИСТЕМ В РОССИИ

Число внедренных в России с 1998 по 2009 год [8] по отраслям перечисленных выше типов систем представлено на рисунке 1. Наибольшее число ЕАМ-систем внедрено в энергетике (точнее в гидроэнергетике). В таблице 2 приведены проекты внедрения систем ЕАМ, CMMS и ТОиР в энергетике с началом проектов в 2009 году [8].

Наибольшее распространение в энергетике получили следующие ЕАМ-системы: IBM Maximo, Infor EAM, Smallworld Network Inventory, TRIM и другие. Далеко не все из них имеют возможность визуализации данных в привязке к картографической информации. Некоторые из перечисленных ЕАМ-систем позволяют через специальные модули использовать возможности внешних коммерческих ГИС (например, IBM Maximo) или своих собственных (например, Smallworld Network Inventory). Помимо высокой стоимости таких систем для владельцев (более 600000 долларов) добавляется задача актуализации картографического контента.

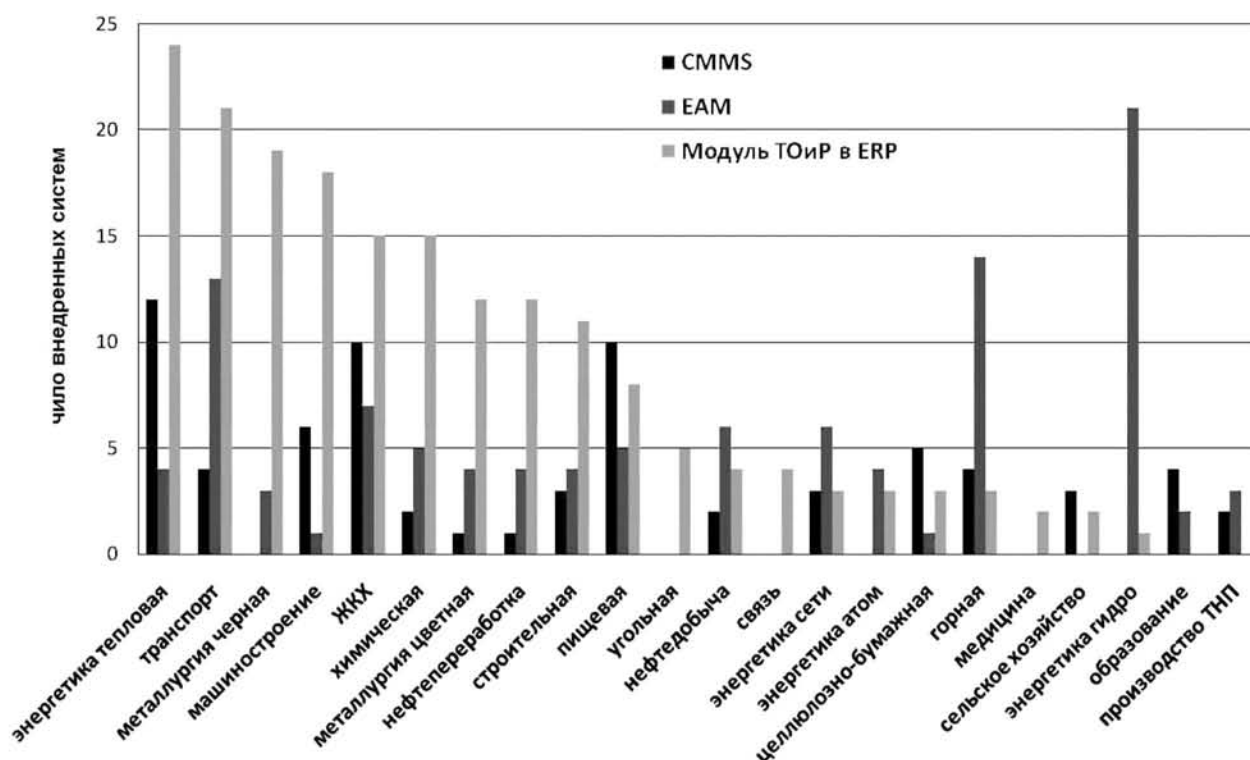


Рисунок 1 – Число внедренных систем по отраслям

Таблица 2 — Проекты внедрения систем EAM, CMMS и ТОиР в энергетике с 2009 г.

Продукт	Тип	Кто внедрял	Заказчик	Энергетика
IBM Maximo	EAM	EAM Systems	Каскад Кубанских ГЭС	гидро
IBM Maximo	EAM	EAM Systems	Колымская ГЭС	гидро
IBM Maximo	EAM	EAM Systems	Тяжмаш-Гидро	тепловая
ИС: ТОиР Гроссмейстер	CMMS	Гроссмейстер	ТЭЦ-20 филиал ОАО «Мосэнерго»	тепловая
SAP R/3 PM	Модуль ТОиР в ERP	Инлайн Груп	Нововоронежская АЭС	атомная
SAP R/3 PM	Модуль ТОиР в ERP	Заказчик	ТГК-8	тепловая
Microsoft Dynamics AX	Модуль ТОиР в ERP	Н-профит	Новосибирскэнерго	тепловая
1С:ТОиР	Модуль ТОиР в ERP	Деснол Софт	ЯкутскЭнерго АК	тепловая
Галактика	Модуль ТОиР в ERP	Новый Атлант	Дальневосточная генерирующая компания	тепловая

По результатам исследований компании Gartner [9] в лидеры попадают EAM-системы IBM Maximo и Infor EAM, которые имеют модули для использования внешних коммерческих ГИС. Причем IBM Maximo — единственный поставщик EAM-решений, помещаемый Gartner в EAM Leader's квадрат более двенадцати раз подряд, начиная с 1998 года. На рисунке 2 представлен «магический квадрат (квадрант)» для EAM-систем за 2009 год [10]. Gartner – исследовательская и консалтинговая компания, специализирующаяся на рынках информационных технологий. Она известна введением в употребление таких терминов, как ERP, магический квадрат, цикл зрелости технологий, а также регулярными исследованиями рынков информационных технологий и аппаратного обеспечения.

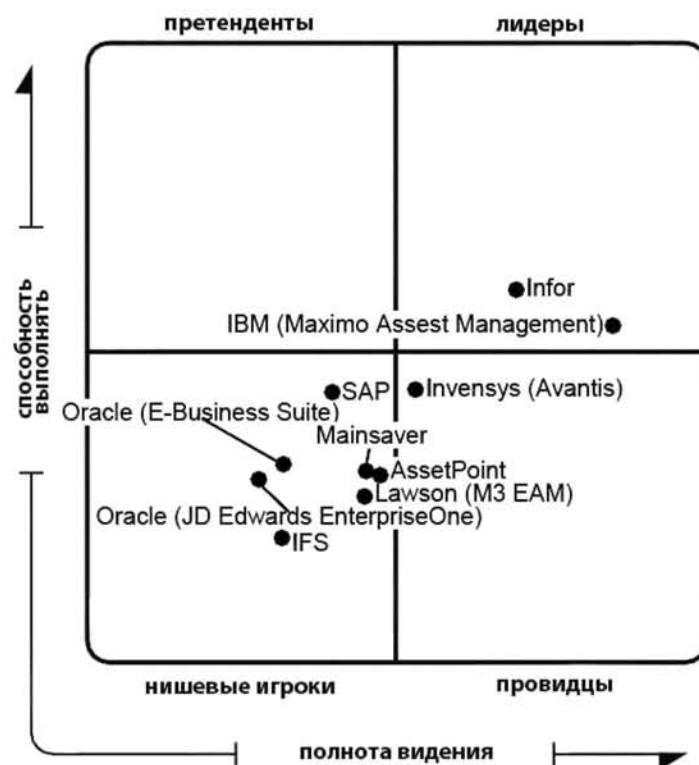


Рисунок 2 – Магический квадрат (Magic Quadrant for Enterprise Asset Management)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТКРЫТЫХ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СЕРВИСОВ

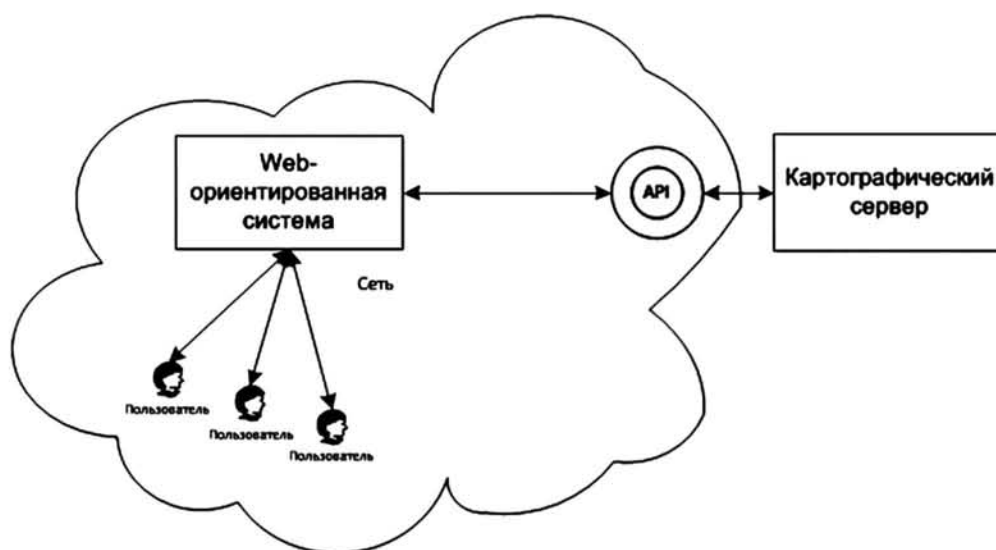


Рисунок 3 – Взаимодействие web-ориентированных систем и картографических серверов

Появление бесплатных геоинформационных сервисов типа OpenStreetMap [11], Google Maps [12] и т.д. с открытыми программными интерфейсами позволяет существенно упростить создание интегрированных в ЕАМ-системы ГИС. Появляется возможность понизить стоимость таких систем для владельцев, снять задачу актуализации картографического контента.

Это особенно важно для небольших компаний, число которых в ряде отраслей в последние годы выросло. Например, с 1 июля 2008 года ОАО РАО «ЕЭС России» прекратило свое существование и появилось множество компаний, некоторые из которых не смогли позволить себе использование привычных, но дорогих программных систем.

Архитектура интеграции web-ориентированных систем и картографических серверов представлена на рисунке 3. На рисунке web-ориентированная система выступает в роли клиента, а картографическая система – в роли картографического сервера, тем самым предоставляя картографический сервис. Картографический сервис должен позволять web-ориентированной системе по запросу в реальном времени с использованием протокола HTTP получать изображения карты и ее параметры. Сама web-ориентированная система должна иметь возможность отображать карту, поддерживать базовые картографические функции (перемещение по карте, изменение масштаба карты), а также отображать наложенные на карту графические объекты (пиктограммы, маркеры, линии и т.д.). Для этого на стороне картографического сервера должен быть разработан интерфейс прикладного программирования (Application Programming Interface, API), реализующий web-методы, позволяющие управлять отображением карты и получать её параметры. На стороне web-ориентированной системы должен быть разработан функционал, позволяющий получать и отображать карту, а также наложенные на неё объекты. В основу интерфейса прикладного программирования, реализуемого на стороне картографического сервера, обычно положена спецификация реализации OGC 06-042 Web Map Server Implementation Specification, разработанная Open GIS Consortium Inc [13, 14].

Для исследования применимости web-ориентированных геоинформационных технологий был разработан экспериментальный образец ЕАМ-системы, в котором реализован доступ для конечного пользователя к функциям ГИС через web-интерфейс с использованием возможностей стандартного браузера. Исследования проводились на задачах, решаемых энергетическими компаниями.

В системе имеется доступ к интерактивным табличным и графическим инструментам управления, мониторинга и документирования электросетей посредством формирования электронных карт и планов электроэнергетической инфраструктуры. Реализованы возможности по организации групповой работы пользователей, механизмы интеграции системы с другими элементами вычислительной инфраструктуры. В основу системы положена трёхуровневая клиент-серверная архитектура с тонким web-клиентом (рис. 4). Описание уровней архитектуры системы приведено в таблице 3.

Поскольку требования к внешнему виду электронных карт и планов могут быть различными в зависимости от типа объекта, для которого строится картографическое представление, то формирование карты осуществляется в четыре этапа (рис. 5).



Рисунок 4 – Архитектура системы



Рисунок 5 – Формирование карты

Таблица 3 – Описание уровней архитектуры системы

Уровень	Назначение и особенности	Операционная система (ОС)	Программное обеспечение	Основные технологии
Клиент	Представляет первый уровень архитектуры. Тонкий клиент. Реализует графический интерфейс пользователя, получение входящей информации и документов от пользователя, а также вывод исходящей информации и документов для пользователя. Не имеет прямой связи с базой данных (БД), содержит минимум бизнес-логики	Любая	Любой web-браузер	HTML, JavaScript, XML
Сервер приложения	Представляет второй уровень архитектуры. Реализует бизнес-логику системы, обеспечивает взаимодействие всех трёх уровней архитектуры, а также интеграцию с другими системами	Windows Server 2003 и выше, ОС семейства Linux, Solaris	Сервер приложений Tomcat, Jboss, Oracle AS	Java, Hibernate, SQL, XML, HTML
Сервер БД	Представляет третий уровень архитектуры. Обеспечивает хранение данных	Windows Server 2003 и выше, ОС семейства Linux, Solaris	СУБД Oracle 10g и выше, PostgreSQL 8.3 и выше, MS SQL 2005 и выше	SQL

Этап 1. Определение плагина. Плагин – программная единица, анализирующая структуру объекта, для которого строится карта, и представляющая структуру будущей карты в виде XML (eXtensible Markup Language — расширяемый язык разметки). В силу разнородности структуры объектов каждый плагин должен соответствовать определенному объекту или набору объектов с похожей структурой [15].

Этап 2. Формирование xml-описания карты плагином. На данном этапе плагин, который выбран для картографического представления, формирует xml-описание карты по определенному алгоритму. Этот этап позволяет изменить формат (внешний вид) карты за счёт выбора одного из заранее реализованных плагинов.

Этап 3. Формирование контентного описания карты адаптером на основе xml-описания. На данном этапе адаптер на основе полученного xml-описания карты генерирует контент для отображения карты на web-странице. Использование различных адаптеров при условии реализации упомянутой выше спецификации OGS 06-042 взаимодействия web-ориентированных систем и картографических систем (серверов) позволяет использовать различные открытые и коммерческие API для отображения карты (OpenStreetMap API, Google Maps API, MS Virtual Earth API и т.д.), давая тем самым возможность изменять подложки отображаемых карт.

Этап 4. Размещение карты в интерфейсе пользователя. На данном этапе сформированная карта отображается на web-странице. Пример отображения показан на рисунке 6.

НАГРУЗОЧНОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ

Для демонстрации возможностей и проверки работоспособности системы был проведен нагрузочный тест с использованием приложения Jmeter [16]. Использовалась

трехзвенная архитектура, приведенная на рисунке 4. Сервер БД имел следующие параметры: процессор Intel Xeon E5506 2.13 ГГц, ОЗУ 4 Гбайт, HDD 2x SATA 750 Гбайт, СУБД PostgreSQL 8.4. Сервер приложения имел процессор Intel Xeon E5520 2.27 ГГц, ОЗУ 8 Гбайт, HDD WD1002FBYS, 931 Гбайт. Использовалась операционная система Linux и реальный канал связи.



Рисунок 6 – Пример сформированной карты со слоем электрических кабелей

При 500000 объектах в базе данных, 60000 связей между ними, отрисовке на карте 100 различных объектов среднее время отклика в системе составило значения, приведенные в таблице 4. Для каждого значения указана точность оценки в виде доверительного интервала.

Таблица 4 – Зависимость среднего времени отклика от числа активных пользователей

Число активных пользователей	10	20	30	40
Среднее время отклика (с)	0,86	1,79	4,52	7,72
Доверительный интервал оценки среднего времени отклика при уровне значимости 0,05	±0,04	±0,09	±0,12	±0,14

Анализ результатов тестирования показал, что для указанных условий работа без заметных задержек выполнялась при одновременной работе от десяти до двадцати пользователей. При этом время отклика было случайным. На него влияли: нестабильность пропускной способности канала связи, объем запрашиваемой информации об объекте и алгоритм формирования контента.

По сравнению с результатами тестирования, приведенными в работе [15], где исследовались предельные режимы работы прототипа рассматриваемой системы, удалось при сравнимых средних временах отклика на два порядка увеличить число объектов в базе данных, на порядок – число отображаемых на карте объектов, в два раза – число активных пользователей. Улучшение показателей удалось добиться за счет использования оборудования с повышенной производительностью и оптимизации алгоритмов обработки информации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках статьи рассмотрены вопросы исследования применимости web-ориентированных геоинформационных технологий для ЕАМ-систем. Показана эффективность внедрения таких систем в различных отраслях. Отмечено, что признанные лидеры в области ЕАМ-систем используют модули интеграции с внешними ГИС. Однако высокая стоимость таких систем для владельцев и задача периодической актуализации картографического контента сдерживают их

распространение в небольших компаниях, число которых в ряде отраслей (в частности, в электроэнергетике) в последние годы выросло. Выходом из сложившейся ситуации является разработка ЕАМ-систем, использующих бесплатные геоинформационные сервисы типа OpenStreetMap и др. с открытыми программными интерфейсами. Появляется возможность понизить стоимость таких систем для владельцев, снять задачу актуализации картографического контента.

Для исследования применимости web-ориентированных геоинформационных технологий был разработан экспериментальный образец ЕАМ-системы, в котором реализован доступ для конечного пользователя к функциям ГИС через web-интерфейс с использованием возможностей стандартного браузера. Исследования проводились на задачах, решаемых энергетическими компаниями.

Проведено нагрузочное тестирование системы, анализ результатов которого показал, что при 500000 объектах в базе данных, 60000 связей между ними, отрисовке на карте 100 различных объектов работа без заметных задержек выполнялась при одновременной работе от десяти до двадцати пользователей, что покрывает потребности небольших компаний. Предполагается, что стоимость разрабатываемой ЕАМ-системы будет на порядок меньше стоимости систем-лидеров в этой области.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ (ГК № 07.514.11.4074, шифр № 2011-1.4-514-120-082).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Заславская О. В банк за «длинным» рублем [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.rg.ru/2011/07/05/finansy-modernizaciya.html> (дата обращения: 08.02.2012).
2. Система управления активами и фондами предприятия [Электронный ресурс]. – URL: http://www.croc.ru/branch/energy_companies/sua.php (дата обращения: 08.02.2012).
3. Enterprise asset management [Электронный ресурс]. – URL: http://ru.wikipedia.org/wiki/Enterprise_asset_management#cite_note-0 (дата обращения: 10.02.2012).
4. BSI PAS 55:2008 Asset Management [Электронный ресурс]. – URL: <http://pas55.net/default.asp>; <http://theiam.org/sites/default/files/upload/iampas55brochure1r.pdf> (дата обращения: 14.02.2012).
5. EAM (Enterprise Asset Management) [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.gartner.com/it-glossary/eam-enterprise-asset-management/> (дата обращения: 12.02.2012).
6. IBM Maximo. Asset management in energy [Электронный ресурс]. – URL: <http://www-01.ibm.com/software/ru/tivoli/maximo/Maximo-for-Energy.pdf> (дата обращения: 16.02.2012).
7. Компьютеризированная система управления техническим обслуживанием [Электронный ресурс]. – URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki/CMMS> (дата обращения: 11.02.2012).
8. Скворцов Д. Обзор «Автоматизация ТООР. Хроника внедрений» [Электронный ресурс] / Д. Скворцов, О. Данилов, О. Свистула // Надежность оборудования. Информационный портал. – URL: <http://www.prostoev.net/modules/myarticles/article.php?storyid=173> (дата обращения: 14.02.2012).
9. Gartner [Электронный ресурс]. – URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Gartner> (дата обращения: 18.02.2012).
10. Magic Quadrant for Enterprise Asset Management for Manufacturing [Электронный ресурс]. – URL: http://www.issgroup.net/images/Magic_Quadrant_for_Enterprise_Asset_Management_for_Manufacturing.pdf (дата обращения: 20.02.2012).
11. OpenStreetMap [Электронный ресурс] // Сайт проекта OpenStreetMap. – Россия, 2010. – URL: <http://openstreetmap.ru/> (дата обращения: 16.02.2012).
12. Google Maps API [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.google.com/enterprise/earthmaps/index.html> (дата обращения: 10.02.2012).
13. OpenGIS Web Map Service (WMS) Implementation Specification [Электронный ресурс] // Site OGS. – USA, 2010. – URL: <http://www.opengeospatial.org/standards/wms> (дата обращения: 17.02.2012).
14. Стандарты в области разработки и использования ГИС: справочные материалы / сост. С.И. Тимошенко. – Екатеринбург: УрФУ, 2010. – 48 с.

15. Суханов В.И. Исследование визуализации данных с применением открытых геоинформационных сервисов / В.И. Суханов, С.И. Тимошенко, Р.М. Чернин // Информационные системы и технологии, 2011. – № 6 (68). – С. 137-142.
16. Apache Jmeter [Электронный ресурс] // The Apache Jakarta Project. – USA, 2008. – URL: <http://jakarta.apache.org/jmeter> (дата обращения: 05.02.2012).

Тимошенко Сергей Иванович

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

Кандидат технических наук, доцент кафедры программных средств и систем

E-mail: s_t_56@bk.ru

Суханов Владимир Иванович

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

Доктор технических наук, зав. кафедрой программных средств и систем

E-mail: sux-fat@mail.ru

Застрожный Алексей Николаевич

ООО «Наумен консалтинг», г. Москва

Руководитель направления Inventory

E-mail: azastrozhny@naumen.ru

*S.I. TIMOSHENKO (Candidate of Engineering Science,
Associate Professor of the department of software and system)*

V.I. SUKHANOV (Doctor of Engineering Science, Head of the department of software and system)

Ural Federal University, Ekaterinburg

A.N. ZASTROZHNY (Head of Inventory)

The group of companies Naumen, Moscow

INVESTIGATION OF THE APPLICABILITY OF WEB-BASED GIS TECHNOLOGY TO EAM-SYSTEM

The paper considers the use of free GIS services with open APIs such as OpenStreetMap and others to create integrated EAM-GIS system. Developed and investigated prototype EAM system that implements the end-user access to features through web-GIS interface using a standard browser features. Studies were conducted on the problems solved by energy companies.

Keywords: *accounting; asset management; EAM; cartographic information; GIS; GIS technology; services.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Zaslavskaya O. V bank za «dlinny'm» rublyom [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.rg.ru/2011/07/05/finansy-modernizaciya.html> (data obrashheniya: 08.02.2012).
2. Sistema upravleniya aktivami i fondami predpriyatiya [E'lektronny'j resurs]. – URL: http://www.croc.ru/branch/energy_companies/sua.php (data obrashheniya: 08.02.2012).
3. Enterprise asset management [E'lektronny'j resurs]. – URL: http://ru.wikipedia.org/wiki/Enterprise_asset_management#cite_note-0 (data obrashheniya: 10.02.2012).
4. BSI PAS 55:2008 Asset Management [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://pas55.net/default.asp>; <http://theiam.org/sites/default/files/upload/iampas55brochure1r.pdf> (data obrashheniya: 14.02.2012).
5. EAM (Enterprise Asset Management) [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.gartner.com/it-glossary/eam-enterprise-asset-management/> (data obrashheniya: 12.02.2012).
6. IBM Maximo. Asset management in energy [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www-01.ibm.com/software/ru/tivoli/maximo/Maximo-for-Energy.pdf> (data obrashheniya: 16.02.2012).
7. Komp'yuterizirovannaya sistema upravleniya texnicheskimi obsluzhivaniem [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki/CMMS> (data obrashheniya: 11.02.2012).
8. Skvorcov D. Obzor «Avtomatizaciya TOiR. Xronika vnedrenij» [E'lektronny'j resurs] / D. Skvorcov, O. Danilov, O. Svistula // Nadyozhnost' oborudovaniya. Informacionnyj portal. – URL: <http://www.prostoev.net/modules/myarticles/article.php?storyid=173> (data obrashheniya: 14.02.2012).

9. Gartner [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Gartner> (data obrashheniya: 18.02.2012).
10. Magic Quadrant for Enterprise Asset Management for Manufacturing [E'lektronny'j resurs]. – URL: http://www.issgroup.net/images/Magic_Quadrant_for_Enterprise_Asset_Management_for_Manufacturing.pdf (data obrashheniya: 20.02.2012).
11. OpenStreetMap [E'lektronny'j resurs] // Sajt proekta OpenStreetMap. – Rossiya, 2010. – URL: <http://openstreetmap.ru/> (data obrashheniya: 16.02.2012).
12. Google Maps API [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.google.com/enterprise/earthmaps/index.html> (data obrashheniya: 10.02.2012).
13. OpenGIS Web Map Service (WMS) Implementation Specification [E'lektronny'j resurs] // Site OGS. – USA, 2010. – URL: <http://www.opengeospatial.org/standards/wms> (data obrashheniya: 17.02.2012).
14. Standarty' v oblasti razrabotki i ispol'zovaniya GIS: spravochny'e materialy' / sost. S.I. Timoshenko. – Ekaterinburg: UrFU, 2010. – 48 s.
15. Suxanov V.I. Issledovanie vizualizacii danny'x s primeneniem otkry'ty'x geoinformacionny'x servisov / V.I. Suxanov, S.I. Timoshenko, R.M. Chernin // Informacionny'e sistemy' i texnologii, 2011. – № 6 (68). – S. 137-142.
16. Apache Jmeter [E'lektronny'j resurs] // The Apache Jakarta Project. – USA, 2008. – URL: <http://jakarta.apache.org/jmeter> (data obrashheniya: 05.02.2012).

А.П. ФИСУН, В.Е. ФИСЕНКО

**НОВЫЙ ПОДХОД К МАТЕМАТИЧЕСКОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ
РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ОПЕРАТИВНО-РЕКОНФИГУРИРУЕМЫХ
СИСТЕМ ОБМЕНА ДАННЫХ**

В статье предлагается новый подход к математическому моделированию коммутируемых распределенных систем обмена данных (РСОД) на основе встречно-соединенных дополненных древовидных структур. Данный подход позволяет перейти непосредственно к разработке на его основе метода оценки надежности коммутируемых РСОД с уменьшенной вычислительной сложностью – метода оценки надежности коммутируемых РСОД реального времени по приоритетным сечениям.

Ключевые слова: распределенные системы обмена данных; информационное направление; древовидные структуры.

При анализе и синтезе РСОД с целью разработки новых подходов к оценке их надежности к числу наиболее важных и ответственных этапов относится математическое моделирование самих РСОД [1-4]. На реальных РСОД организуется множество информационных направлений, в которых информационный поток должен протекать между своими корреспондирующими парами узлов. Доступ информационного узла к коммутируемой РСОД хорошо описывается древовидными структурами [1, 2]. Различают древовидным структурам с однотипным соединением большинства узлов структуры и разнотипным. Однотипность соединения заключается в постоянной величине «размножения» каждого узла древовидной структуры (за исключением узлов последнего уровня). Такие древовидные структуры удобно представлять в виде функции $P(K, e)$, где K – число уровней древовидной структуры ($K=0, 1, 2, 3, \dots$), e – величина размножения.

На реальных коммутируемых РСОД в информационных направлениях, как правило, не выполняется постоянство коэффициента «размножения», то есть реальные информационные направления коммутируемых РСОД относятся к древовидным структурам с разнотипным соединением узлов структуры. Кроме того, на реальных коммутируемых РСОД в информационных направлениях типовые древовидные структуры дополняются ребрами соединяющие узлы как одного уровня, так и разных без учета коэффициента «размножения». Такие структуры, хорошо отображающие привязку (доступ) узлов реальных информационных направлений к коммутируемым РСОД предлагается называть дополненными древовидным структурам с разнотипным соединением узлов.

Определение 1. Дополненной древовидной структурой с разнотипным соединением узлов называется древовидная структура с переменным коэффициентом «размножения», дополненная ребрами, соединяющими часть узлов как одного уровня, так и разных без учета коэффициента «размножения».

Переменный коэффициент «размножения» определяет тот факт, что коэффициент «размножения» непостоянен не только на различных уровнях древовидной структуры, но и в пределах одного уровня этой структуры. В пределах одного уровня дополненной древовидной структуры с разнотипным соединением узлов можно говорить лишь об усредненном коэффициенте «размножения». Дадим определение усредненному коэффициенту «размножения».

Определение 2. Усредненным коэффициентом «размножения» уровня дополненной древовидной структуры с разнотипным соединением узлов называется показатель, численно равный среднему арифметическому коэффициентов «размножения» узлов, входящих в данный уровень.

Теорема 1. Если сечение коммутируемой РСОД построено на основе двойной встречно-соединенной дополненной древовидной структуры с разнотипным соединением узлов, то усредненный коэффициент «размножения» уровня дополненной древовидной

структуры всегда принимает значение, большее 2. Докажем эту теорему:

Дано: структура графа является дополненной древовидной структурой с разнотипным соединением узлов. Доказать, что усредненный коэффициент «размножения» данной структуры всегда принимает значение больше 2.

Доказательство. Пусть усредненный коэффициент «размножения» уровня дополненной древовидной структуры с разнотипным соединением узлов равен двум.

Аксиома 1. Коэффициент «размножения» древовидных структур не может быть меньше двух.

Так как коэффициент «размножения» не может быть меньше двух, а по определению 2 он численно равен среднему арифметическому коэффициентов «размножения» узлов, входящих в данный уровень, то отсюда следует, что все коэффициенты «размножения» узлов входящих в данный уровень, равны 2. Но если все коэффициенты «размножения» узлов, входящих в данный уровень, равны, то структура является дополненной древовидной структурой с однотипным соединением узлов, а это противоречит условию. Что и требовалось доказать.

Введем новое понятие для описания структуры информационных направлений коммутируемой РСОД, а именно – двойная встречно-соединенная дополненная древовидная структура с разнотипным соединением узлов.

Определение 3. Двойной встречно-соединенной дополненной древовидной структурой с разнотипным соединением узлов называется структура, полученная из двух дополненных древовидных структур с переменным коэффициентом «размножения» путем соединения с помощью ребер узлов наибольших уровней обеих структур.

Исходя из определения 3, информационное направление коммутируемой РСОД можно представить как две дополненные древовидные структуры с разнотипным соединением узлов, соединенные встречно. Коммутируемую РСОД, состоящую из информационных направлений, можно представить следующей теоретико-множественной моделью

$$G = \{V, L, E, P, S, C, \Pi\}, \quad (1)$$

где $V = \{v_n / n = 1, 2, \dots, N\}$ – множество узлов (вершин) коммутируемой РСОД;

N – количество узлов (вершин) коммутируемой РСОД;

$L = \{l_u / u = 1, 2, \dots, U\}$ – множество ребер коммутируемой РСОД;

U – количество ребер (интервалов) коммутируемой РСОД;

$E = \{e_w / w = 1, 2, \dots, W\}$ – множество информационных направлений коммутируемой РСОД;

W – количество информационных направлений коммутируемой РСОД;

$S = \{s_i / i = 1, 2, \dots, I\}$ – множество сечений в информационных направлениях коммутируемой РСОД;

I – количество сечений в информационных направлениях коммутируемой РСОД;

$P = \{p_u / u = 1, 2, \dots, U\}$ – множество статистически независимых вероятностных характеристик надежности элементов коммутируемой РСОД;

$C = \{c_u / u = 1, 2, \dots, U\}$ – множество пропускных способностей ветвей коммутируемой РСОД;

$\Pi = \{n_z / z = 1, 2, \dots, Z\}$ – множество путей, составляющих информационные направления коммутируемой РСОД;

Z – количество путей в коммутируемой РСОД.

Очевидно, что первое сечение коммутируемой РСОД S_{Ew1} пересекает информационное направление $A - B$ ($U_{C_A} - U_{C_B}$) два раза – со стороны узла A и со стороны узла B , то есть сечение РСОД S_{Ew1} включает в себя два сечения S_{Ew1A} и S_{Ew1B} линий доступа

узлов А и В, образующих данное информационное направление.

Для различия этих сечений при обращении к ним в дальнейшем будем называть их сечениями и полными сечениями и дадим им следующие определения.

Определение 4. Сечением двойной встречно-соединенной дополненной древовидной структуры с разнотипным соединением узлов, представляющей информационное направление коммутируемой РСОД, называется сечение одной из двух дополненных древовидных структур, ее образующих.

Определение 5. Полным сечением двойной встречно-соединенной дополненной древовидной структуры с разнотипным соединением узлов, представляющей информационное направление коммутируемой РСОД, называется совокупность сечений одного ранга обоих дополненных древовидных структур, ее образующих.

Любое полное сечение коммутируемой РСОД состоит из двух сечений. В дальнейшем полные сечения в зависимости от их ранга (номера) будем обозначать как $S_{Ew1}, S_{Ew2}, S_{Ew3}$ и т.д., или $S_{Ew1AB}, S_{Ew2AB}, S_{Ew3AB}$ и т.д. сечения в зависимости от их ранга и принадлежности к узлу информационного направления будем обозначать как $S_{Ew1A}, S_{Ew1B}, S_{Ew2A}, S_{Ew2B}, S_{Ew3A}, S_{Ew3B}$ и т.д.

Информационное направление А – В ($U_{cA} - U_{cB}$) включает в себя три основные части, а именно:

- линии доступа (линии привязки) от узла U_{cA} до центров коммутации $ЦК_{A1} - ЦК_{An}$, к которым привязан данный узел (1 полное сечение коммутируемой РСОД со стороны А – сечение S_{Ew1A});
- линии доступа от центров коммутации $ЦК_{A1} - ЦК_{An}$ до центров коммутации $ЦК_{B1} - ЦК_{Bn}$, по которым осуществляется передачи информации от узла U_{cA} до узла U_{cB} (собственно коммутируемая РСОД в узком смысле);
- линии доступа (линии привязки) от центров коммутации $ЦК_{B1} - ЦК_{Bn}$ до узла U_{cB} (1 полное сечение коммутируемой РСОД со стороны В – сечение S_{Ew1B}).

Очевидно, что надежность P_{EwSAB} информационного направления $U_{cA} - U_{cB}$, в свою очередь будет определяться надежностью образующих его составных частей, а именно:

$$P_{EwSAB} = P_{EwS1A} \cdot P_{EwCwC} \cdot P_{EwS1B}, \quad (2)$$

где S_{EwS1A} – надежность линий доступа (линий привязки) от узла U_{cA} до центров коммутации $ЦК_{A1} - ЦК_{An}$;

S_{EwCwC} – надежность линий доступа от центров коммутации $ЦК_{A1} - ЦК_{An}$ до центров коммутации $ЦК_{B1} - ЦК_{Bn}$, по которым осуществляется передача информации от узла U_{cA} до узла U_{cB} ;

S_{EwS1B} – надежность линий доступа (линий привязки) от центров коммутации $ЦК_{B1} - ЦК_{Bn}$ до узла U_{cB} .

Сечения РСОД (рис. 1) проходят по линиям доступа (линиям привязки) и отделяют корреспондирующие узлы информационного направления А – В ($U_{cA} - U_{cB}$) от собственно коммутируемой РСОД. Надо отметить, что отдельные исследователи 1 полное сечение коммутируемой РСОД и считают собственно коммутируемой РСОД, доступ в которую с помощью линий доступа (линий привязки) и осуществляется корреспондирующими узлами информационного направления А – В ($U_{cA} - U_{cB}$). Другими словами, S_{Ew1} первое полное сечение коммутируемой РСОД (сечения S_{Ew1A}, S_{Ew1B}) является 1 уровнем доступа корреспондирующих узлов информационного направления А – В ($U_{cA} - U_{cB}$) в

коммутируемой PCOD. В зависимости от детализации структуры коммутируемой PCOD таких уровней доступа может быть несколько (первый уровень доступа узла к коммутируемой PCOD часто называют привязкой узла к коммутируемой PCOD, а линии доступа узла к коммутируемой PCOD – линиями привязки). Так, на рисунке 1 показано два уровня доступа корреспондирующих узлов информационного направления А – В ($У_{сА} - У_{сВ}$) в коммутируемой PCOD.

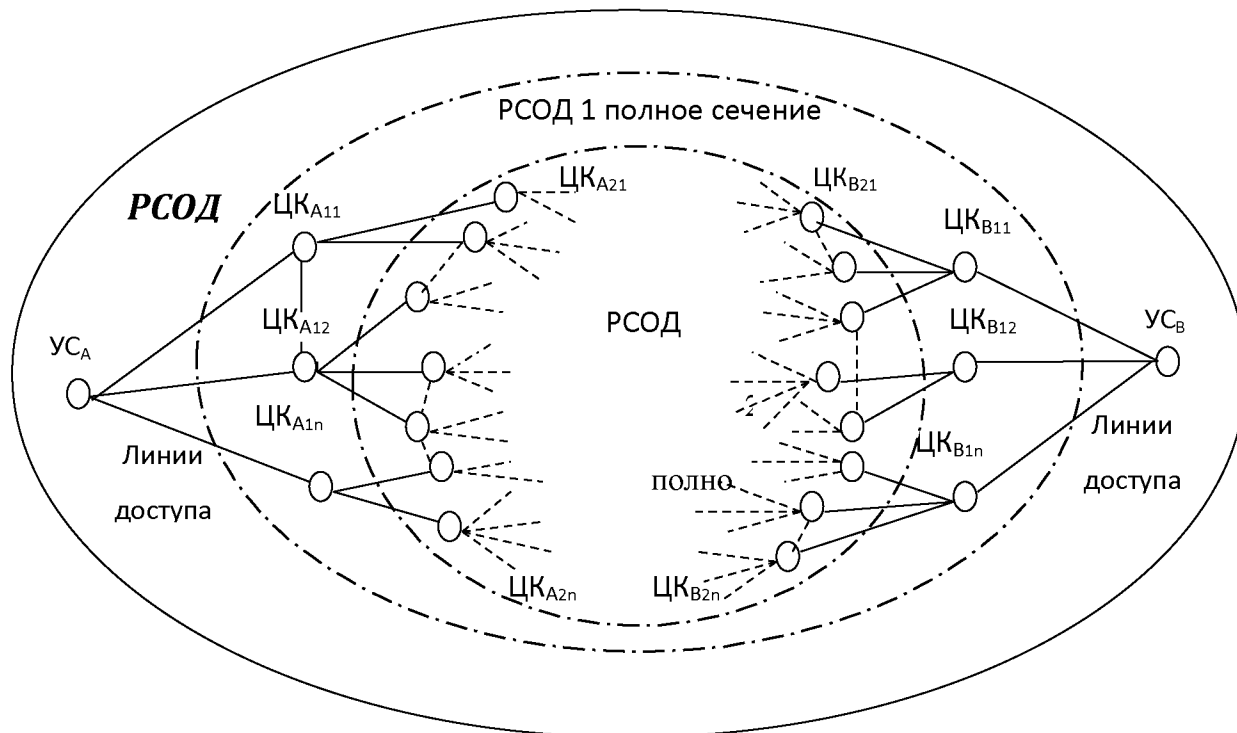


Рисунок 1 – Структура информационного направления с двойным доступом в коммутируемую PCOD

Очевидно, что в этом случае информационное направление А – В ($У_{сА} - У_{сВ}$) включает в себя уже пять основных частей, а именно:

- линии доступа (линии привязки) от узла $У_{сА}$ до центров коммутации $ЦК_{А1} - ЦК_{Аn}$, к которым привязан данный узел (1 полное сечение коммутируемой PCOD со стороны А – сечение $S_{Еw1A}$);
- линии доступа от центров коммутации $ЦК_{А1} - ЦК_{Аn}$ до центров $ЦК_{А21} - ЦК_{А2n}$ (2 полное сечение коммутируемой PCOD со стороны А – сечение $S_{Еw2A}$);
- линии доступа от центров коммутации $ЦК_{А21} - ЦК_{А2n}$ до центров коммутации $ЦК_{В21} - ЦК_{В2n}$ (собственно коммутируемая PCOD в узком смысле);
- линии доступа от центров коммутации $ЦК_{А21} - ЦК_{А2n}$ до центров коммутации $ЦК_{В11} - ЦК_{В1n}$ (2 полное сечение коммутируемой PCOD со стороны В – сечение $S_{Еw2B}$);
- линии доступа (линии привязки) от центров коммутации $ЦК_{В11} - ЦК_{В1n}$ до узла $У_{сВ}$ (1 полное сечение коммутируемой PCOD со стороны В – сечение $S_{Еw1B}$).

В рассматриваемом случае (рис. 1) линии доступа от центров коммутации $ЦК_{А11} - ЦК_{А1n}$ до центров коммутации $ЦК_{А21} - ЦК_{А2n}$ (сечение $S_{Еw2A}$) и линии доступа от центров коммутации $ЦК_{А21} - ЦК_{А2n}$ до центров коммутации $ЦК_{В11} - ЦК_{В1n}$, (сечение $S_{Еw1B}$) являются линиями доступа корреспондирующих узлов информационного направления А – В ($У_{сА} - У_{сВ}$) второго сечения. Другими словами, 2 сечение коммутируемой PCOD является 2

уровнем доступа корреспондирующих узлов информационного направления $A - B$ ($U_{c_A} - U_{c_B}$) в РСОД.

Надежность P_{EwAB} информационного направления $U_{c_A} - U_{c_B}$, в свою очередь, будет определяться надежностью образующих его составных частей, а именно:

$$P_{EwAB} = P_{EwS1A} \cdot P_{EwS2A} \cdot P_{EwCwC} \cdot P_{EwS2B} \cdot P_{EwS1B}, \quad (3)$$

где S_{EwS1A} – надежность линий доступа (линий привязки) сечения S_{Ew1A} от узла U_{c_A} до центров коммутации $ЦК_{A11} - ЦК_{A1n}$; S_{EwS2A} – надежность линий доступа сечения S_{Ew2A} от центров коммутации $ЦК_{A11} - ЦК_{A1n}$ до центров коммутации $ЦК_{B11} - ЦК_{B1n}$; S_{EwCwC} – надежность линий доступа от центров коммутации $ЦК_{A21} - ЦК_{A2n}$ до центров коммутации $ЦК_{B21} - ЦК_{B2n}$, по которым осуществляется передачи информации от узла U_{c_A} до узла U_{c_B} ; S_{EwS2B} – надежность линий доступа сечения S_{Ew2B} от центров коммутации $ЦК_{B21} - ЦК_{B2n}$ до центров коммутации $ЦК_{B11} - ЦК_{B1n}$; S_{EwS1B} – надежность линий доступа (линий привязки) сечения S_{Ew1B} от центров коммутации $ЦК_{B11} - ЦК_{B1n}$ до узла U_{c_B} .

В зависимости от степени детализации структуры коммутируемой РСОД и количество сечений коммутируемой РСОД может изменяться. В общем случае, количество возможных сечений коммутируемой РСОД ограничивается только мощностью самой РСОД, каждое сечение может выступать в качестве доступа соответствующего уровня корреспондирующих узлов информационного направления $A - B$ ($U_{c_A} - U_{c_B}$) к коммутируемой РСОД в ее узком смысле. Проведенный анализ [1-2] показывает, что с увеличением ранга (номера) сечения мощность множества ребер, составляющих данное сечение, возрастает. Сформулируем это утверждение в виде теоремы 2.

Теорема 2. Если сечение коммутируемой РСОД построено на основе двойной встречно-соединенной дополненной древовидной структуры с разнотипным соединением узлов, то с увеличением ранга (номера) сечения мощность множества ребер, составляющих данное сечение, возрастает. Докажем эту теорему.

Дано: коммутируемая РСОД, являющаяся двойной встречно-соединенной дополненной древовидной структурой с разнотипным соединением узлов. Доказать, что с увеличением номера сечения коммутируемой РСОД мощность множества ребер, составляющих данное сечение, возрастает.

Доказательство. Пусть сечение коммутируемой РСОД с большим рангом обладает меньшей мощностью множества ребер, чем предыдущее сечение. В этом случае усредненный коэффициент «размножения» этого сечения имеет отрицательное значение. Из аксиомы 1 следует, что коэффициент «размножения» древовидных структур не может быть меньше двух. Так как коэффициент «размножения» этого сечения имеет отрицательное значение, то отсюда следует, что структура коммутируемой РСОД не является древовидной структурой, а тем более дополненной древовидной структурой с однотипным соединением узлов, а это противоречит условию. Что и требовалось доказать.

Следствие 2.1. С увеличением ранга сечения информационного направления коммутируемой РСОД мощность множества ребер, составляющих данное сечение, возрастает не менее, чем в два раза.

Следствие 2.2. Центральное сечение информационного направления коммутируемой РСОД обладает наибольшей мощностью ребер, составляющих данное сечение.

Результаты расчетов зависимости количества ребер в сечении информационного направления коммутируемой РСОД от его ранга и усредненного коэффициента «размножения» K_{EwS}^{ucp} показаны в таблице 1.

Таблица 1 – Зависимость количества ребер в сечении от его ранга и усредненного коэффициента «размножения» K_{EwS}^{ucp}

Ранг сечения	Количество ребер в сечении в зависимости от K_{EwS}^{yep}				
	$K_{EwS}^{yep} = 2$	$K_{EwS}^{yep} = 2,5$	$K_{EwS}^{yep} = 3$	$K_{EwS}^{yep} = 3,5$	$K_{EwS}^{yep} = 4$
1	2	3(2,5)	3	4(3,5)	4
2	4	7(6,3)	9	13(12,3)	16
3	8	16	27	49	64
4	16	39	81	150	256
5	32	98	243	525	1 024
6	64	244	729	1 838	4 096
7	128	610	2 187	6 434	16 384
8	256	1 525	6 561	22 519	65 536
9	512	3 814	19 683	78 815	262 144
10	1 024	9 536	59 049	275 855	1 048 576
11	2 048	23 841	177 147	965 491	4 194 304
12	4 096	59 604	531 441	3 379 220	16 777 216
13	8 199	149 011	1 594 323	11 827 272	67 108 864
14	16 384	372 529	4 782 969	41 395 451	268 435 456
15	32 768	931 322	14 348 907	144 884 079	1 073 741 827
16	65 536	2 328 306	43 046 721	507 094 277	4 294 967 296
17	131 072	5 820 766	129 140 163	1 774 829 971	17 179 869 184
18	262 144	14 551 915	387 420 489	6 211 904 899	68 719 476 736
19	524 288	36 379 788	1 162 261 467	21 741 667 147	274 877 906 944
20	1 048 574	90 949 470	3 486 784 401	76 095 835 016	1 099 511 627 776

Из таблицы 1 видно, что количество ребер в сечении информационного направления коммутируемой РСОД с ростом его ранга и усредненного коэффициента «размножения» K_{EwS}^{yep} резко возрастает и уже при ранге сечения, равном 5-6, может достигать тысяч, а при ранге сечения, равном 7-8, десятков тысяч ребер. Рост количества ребер в сечении информационного направления коммутируемой РСОД с увеличением его ранга происходит по логарифмическому закону. Этим и объясняется невозможность применения существующих методов анализа показателей надежности на РСОД из-за стремительного роста их вычислительной сложности (для многих методов также по логарифмическому закону). Поэтому основным требованием к разрабатываемым методам оценки показателей надежности на коммутируемых сетях большого масштаба является минимальный рост их вычислительной сложности при значительном увеличении масштабов оцениваемой системы [3, 4]. Наилучшим вариантом было бы достижение полной независимости вычислительной сложности новых методов от размерности коммутируемой РСОД.

Из вышесказанного можно сделать следующие выводы:

1) Структуры информационных направлений коммутируемой РСОД достаточно хорошо представляются двойными встречно-соединенными дополненными древовидными структурами с разнотипным соединением узлов.

2) В информационных направлениях реальных коммутируемой РСОД коэффициент «размножения» непостоянен не только на различных уровнях древовидной структуры, но и в пределах одного уровня этой структуры.

3) Мощность информационного направления коммутируемой РСОД напрямую зависит от количества сечений, составляющих данное информационное направление, и коэффициента «размножения» в исходящих узлах каждого сечения.

4) Надежность информационного направления определяется надежностью образующих его составных частей, в первую очередь, сечений коммутируемой РСОД.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенная математическая модель коммутируемых РСОД на основе встречно-соединенных дополненных древовидных структур позволяет перейти непосредственно к

разработке на ее основе метода оценки надежности коммутируемых РСОД с уменьшенной вычислительной сложностью – метода оценки надежности коммутируемых РСОД реального времени по приоритетным сечениям (метода приоритетных сечений).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фисенко В.Е. Оценка надежности информационно-телекоммуникационных систем в реальном масштабе времени на основе приоритетных методов: монография / В.Е. Фисенко, А.П. Фисун, В.В. Митяев. – Орел: ОГУ, 2007. – 191 с.
2. Фисун А.П. Развитие методологических основ информатики и информационной безопасности систем: монография / А.П. Фисун, В.Е. Фисенко и др.; под ред. А.П. Фисуна. – Орел: ОГУ, 2004. – 252 с.
3. Фисун А.П., Фисенко В.Е. Новые подходы к снижению вычислительной сложности оценки надежности элементов частично коммутируемых ИТКС // Информационные системы и технологии, 2010. – № 4(60). – С. 134-137.
4. Фисенко В.Е. Математические аспекты снижения вычислительной сложности оценки надежности информационно-телекоммуникационных систем // Социально-экономические и технические системы, 2008. – Т. 47. – № 4. – С. 28-32.

Фисун Александр Павлович

ФГБОУ ВПО «Госунiversитет – УНПК», г. Орел

Доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Электроника, вычислительная техника, информационная безопасность»

Тел.: 8 (4862) 42-15-56, 8 910 307 00 81

E-mail: fisun01@pisem.net

Фисенко Виктор Евгеньевич

ФГБОУ ВПО «Госунiversитет – УНПК», г. Орел

Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Информационные системы»

Тел.: 8 (4862) 36-47-36, 8 910 303 52 72

E-mail: fisenko_v@mail.ru

A.P. FISUN (*Doctor of Engineering Sciences,*

Professor of the department «Electronics, Computer Science, Information Security»)

V.E. FISENKO (*Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the department «Information Systems»*)

State University – ESPC, Orel

A NEW APPROACH TO MATHEMATICAL MODELING OF DISTRIBUTED SYSTEMS OPERATIVE RECONFIGURABLE EXCHANGE DATA

In clause the new approach to mathematical modelling the switched distributed systems of data exchange (DSDE) on the basis of the connected added treelike structures is offered. The given approach allows to pass directly to development on its basis of a method of an estimation of reliability switched DSDE with the reduced computing complexity - a method of an estimation of reliability switched DSDE real time on priority sections.

Keywords: *distributed systems of data exchange; information direction; treelike structures.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Fisenko V.E. Ocenka nadyozhnosti informacionno-telekommunikacionny'x sistem v real'nom masshtabe vremeni na osnove prioritetny'x metodov: monografiya / V.E. Fisenko, A.P. Fisun, V.V. Mityaev. – Oryol: OGU, 2007. – 191 s.
2. Fisun A.P. Razvitie metodologicheskix osnov informatiki i informacionnoj bezopasnosti sistem: monografiya / A.P. Fisun, V.E. Fisenko i dr.; pod red. A.P. Fisuna. – Oryol: OGU, 2004. – 252 s.
3. Fisun A.P., Fisenko V.E. Novy'e podhody' k snizheniyu vy'chislitel'noj slozhnosti ocenki nadyozhnosti e'lementov chastichno kommutiruemy'x ITKS // Informacionny'e sistemy' i texnologii, 2010. – № 4(60). – S. 134-137.
4. Fisenko V.E. Matematicheskie aspekty' snizheniya vy'chislitel'noj slozhnosti ocenki nadyozhnosti informacionno-telekommunikacionny'x sistem // Social'no-e'konomicheskie i texnicheskie sistemy', 2008. – Т. 47. – № 4. – S. 28-32.