

№ 6 (80) ноябрь-декабрь 2013

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)

Рубрики номера

1. Математическое и компьютерное моделирование.....5-60
2. Информационные технологии в социально-экономических и организационно-технических системах61-102
3. Телекоммуникационные системы и компьютерные сети.....103-130
4. Математическое и программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем.....131-136
5. Информационная безопасность и защита информации.....137-142

Редакция

О.И. Константинова
К.Д. Авазова
А.А. Митин

Сдано в набор 15.10.2013 г.
Подписано в печать 26.10.2013 г.
Формат 60x88 1/8.

Усл. печ. л. 7,5. Тираж 300 экз.
Заказ № 88/13П2
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.

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, 2013

№ 6 (80) November-December 2013

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., Ctepanov 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 15.10.2013,
26.10.2013 is put to bed
Format 60x88 1/8.*

*Convent. printer's sheets 7,5. Circulation 300 copies
The order № 88/13П2*

*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*

In this number

1. Mathematical and computer simulation.....5-60
2. Information technologies in social and economic and organizational-technical systems.....61-102
3. Telecommunication systems and computer networks.....103-130
4. Software of the computer facilities and the automated systems.....131-136
5. Information and data security.....137-142

The editors

Konstantinova O.I.
Avazova K.D.
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
ПИ № ФС77-47350 from 03.11.2011.*

© State University – ESPC, 2013

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

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

<i>АВЕРЧЕНКОВ А.В., КОЗАК Л.Я.</i> Средства реализации процедуры сокращения факторного пространства.....	5-10
<i>АРХИПОВ П.О.</i> Информационная модель формирования метаданных цветных изображений.....	11-15
<i>БЕЛОУСОВ А.В., ГЛАГОЛЕВ С.Н., КОШЛИЧ Ю.А.</i> Математическое моделирование системы горячего водоснабжения зданий с пиковым теплоисточником на основе гелиоустановки.....	16-23
<i>ОВЧИНКИН О.В., ПЫХТИН А.И., ЕМЕЛЬЯНОВ С.Г.</i> Функциональная модель процесса приема в ВУЗ на второй и последующие курсы.....	24-32
<i>ПЕНЬКОВ Н.Г.</i> Сравнительный анализ алгоритмов оценки устойчивости импульсных преобразователей.....	33-40
<i>САВЕЛЬЕВ А.Ю., ПОДОЛЬСКИЙ В.Е.</i> Исследование методов определения уровня обученности студентов в системах управления образовательным процессом университетов.....	41-45
<i>УЖАРИНСКИЙ А.Ю.</i> Модель интеграции разнородных источников данных при объединении разнородных приложений на основе web-сервисов.....	46-53
<i>ФРОЛОВ А.И., ЛУКЬЯНОВ П.В.</i> О возможностях имитационного моделирования состояния объекта управления на основе данных административного мониторинга.....	54-60

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ И ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

<i>О.А. ИВАЦУК, О.Д. ИВАЦУК</i> Автоматизация и интеллектуализация управления экологической ситуацией на урбанизированных территориях.....	61-65
<i>ЛУПИН С.А., ТХАН ЗО У, ТАН ШЕЙН, ЧЖО ЧЖО ЛИИ</i> Влияние методов отображения данных на информационную нагрузку диспетчеров.....	66-73
<i>МАКСИМОВ В.А., КАРАСИК А.А.</i> Организация управления программным обеспечением в образовательном учреждении на основе технологии виртуализации.....	74-79
<i>ПРЕСНЕЦОВА В.Ю., ДЕМИНА Ю.А., ДЕНИСОВА Т.Г.</i> Особенности системы управления ВУЗом.....	80-87
<i>СТАРЫХ В.А., БАШМАКОВ А.И., БЕЛООЗЕРОВ В.Н.</i> Информационные ресурсы для сферы образования: каталогизация, классификация, онтология.....	88-102

ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ СЕТИ

<i>ДУНАЕВ В.А.</i> Оценка времени реакции распределенной базы данных на запросы при гибридном механизме репликации.....	103-113
<i>ЛОБАНОВА В.А., БОРИСОВ О.М., ФОКИН М.А.</i> Способы и приемы обеспечения отказоустойчивости виртуальных частных сетей (ВЧС) промышленного предприятия.....	114-121
<i>МЕГАЕВ К.А.</i> Методика оценки характеристик процессов обмена данными в информационной среде корпоративного портала.....	122-130

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ

<i>ТИТЕНКО Е.А.</i> Настраиваемый сдвиговой регистр готовности результата для однородных вычислительных устройств.....	131-136
---	---------

ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ

<i>ДУБРОВИН А.Г., СОЛОДКОВ И.Н.</i> Разработка алгоритма несанкционированного доступа к широкополосной беспроводной сети стандарта 802.11N.....	137-142
--	---------

CONTENT

MATHEMATICAL AND COMPUTER SIMULATION

<i>A.V. AVERChENKOV, L.Ya. KOZAK</i> Resources of implementation procedures for the reduction of factorspace funds.....	5-10
<i>P.O. ARXIPOV</i> Information model formation of metadata of color images.....	11-15
<i>A.V. BELOUSOV, S.N. GLAGOLEV, Yu.A. KOSHlich</i> Mathematical simulation of hot water supply system buildings with peak of heat source based on solar power plan.....	16-23
<i>O.V. OVChINKIN, A.I. PYXTIN, S.G. EMEL'YaNOV</i> Functional process model of admission in higher education establishment on second and subsequent courses.....	24-32
<i>N.G. PEN'KOV</i> Comparative analysis of algorithms for estimation the stability of switching converters.....	33-40
<i>A.Yu. SAVEL'EV, V.E. PODOL'SKIJ</i> Research of methods for determining the level of student`s training in learning management systems.....	41-45
<i>A.Yu. UZHARINSKIJ</i> Model of integration of manifold data sources at unification manifold applications based on web-services.....	46-53
<i>A.I. FROLOV, P.V. LUK'YaNOV</i> The possibility of the simulation of the control object state on basis of administrative monitoring data.....	54-60

INFORMATION TECHNOLOGIES IN SOCIAL AND ECONOMIC AND ORGANIZATIONAL-TECHNICAL SYSTEMS

<i>O.A. IVASHCHUK, O.D. IVASHCHUK</i> Automation and intellectualization of ecological situation's control in the urbanized territories.....	61-65
<i>S.A. LUPIN, TXAN ZO U, TAN ShEJN, ChZho ChZho LIN</i> The influence of data's mapping methods on information workload of dispatchers.....	65-73
<i>V.A. MAKSIMOV, A.A. KARASIK</i> Organization of control of software in in educational institutions, based on technology of virtualization.....	74-79
<i>V.Yu. PRESNECOVA, Yu.A. DYoMINA, T.G. DENISOVA</i> Features of a control system of institute of higher education.....	80-87
<i>V.A. STARY'X, A.I. BASHMAKOV, V.N. BELOOZYoROV</i> Information resources for an education: cataloguing, classification, ontology.....	88-102

TELECOMMUNICATION SYSTEMS AND COMPUTER NETWORKS

<i>V.A. DUNAIEV</i> The estimation of distributed database response time on hybrid replication conditions.....	103-113
<i>V.A. LOBANOVA, O.M. BORISOV, M.A. FOKIN</i> Methods and techniques of fault tolerance virtual private networks of industrial enterprises.....	114-121
<i>K.A. MEGAEV</i> Methodology of assessment of the characteristics of the processes of data exchange in the information environment of a corporate portal.....	122-130

SOFTWARE OF THE COMPUTER FACILITIES AND THE AUTOMATED SYSTEMS

<i>E.A. TITENKO</i> The customize shift register of readiness of result for multiple calculation devises.....	131-136
--	---------

INFORMATION AND DATA SECURITY

<i>A.G. DUBROVIN, I.I. SOLODKOV</i> Development the algorithm for unauthorized technique for wireless wideband access communication of 802.11N statement.....	137-142
---	---------

УДК 519.71

А.В. АВЕРЧЕНКОВ, Л.Я. КОЗАК

СРЕДСТВА РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЦЕДУРЫ СОКРАЩЕНИЯ ФАКТОРНОГО ПРОСТРАНСТВА

В данной статье описывается последовательность приведения исходных показателей технологического процесса выплавки стали к виду, пригодному для построения математической модели с целью прогнозирования, внедрения новых видов стали и создания основы для разработки системы автоматизированного управления качеством продукции.

Ключевые слова: *пассивный эксперимент; двумерное распределение; математическая модель; грубые промахи; моделирование технологического процесса.*

При применении статистических методов обработки пассивных данных технологического процесса выплавки стали на Молдавском металлургическом заводе (г. Рыбница, Молдова) возникла следующая проблема. Увеличение числа повторных измерений часто приводит к появлению в результатах ошибочных значений, резко отличающихся от остальных измерений. Главным образом, это вызвано человеческим фактором, устранение которого по тем или иным причинам невозможно. Такие ошибки должны и могут быть устранены на этапе первичной обработки данных, для этого применяются различные методы отсева грубых промахов [5].

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ДВУМЕРНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

Размерность таблицы исходных данных составляет около 500 000 значений. Такая длинная таблица со множеством чисел может содержать и ошибочные данные, поэтому перед дальнейшей работой все значения должны быть проверены на грубые промахи любым из известных способов, а выявленные промахи удалены, иначе статистический анализ может дать неверные выводы [1].

Таблица двумерного распределения дает дополнительную возможность избавиться от грубых промахов, которые невозможно выявить в одномерных выборках. Ее удобно применять для исследования распределения парной выборки (X_i, Y_i) двух случайных величин. Для этого обе выборки упорядочиваются и разбиваются на k интервалов. После этого строится таблица с числом внутренних клеток $k \times k$, строки которой соответствуют интервалам выборки X , а столбцы – интервалам выборки Y . Далее из двух оригинальных (неупорядоченных) выборок последовательно выбираются пары (X_i, Y_i) и определяются номера интервалов I_x, I_y , в которые попадают значения X_i и Y_i . На пересечении строки I_x и столбца I_y ставится отметка о попадании (увеличивается счетчик). Исчерпав обе выборки, для каждой ячейки подсчитывается количество попаданий. Таким образом, полученная таблица будет содержать дискретные частоты появления пар (X, Y) [8].

Для удобства данную таблицу расширяют, добавляя столбец слева, в который записывают среднее значение \bar{X}_j интервала I_j выборки X , строку сверху, содержащую среднее значение \bar{Y}_l интервала I_l выборки Y , два столбца справа и еще одну строку снизу. В предпоследнем и последнем столбцах для каждой строки подсчитываются сумма частот по строкам и среднее значение \bar{Y}_j , последняя же строка содержит суммы частот по столбцам. Таким образом, предпоследний столбец последней строки будет содержать общее число элементов двумерной выборки.

Таблица 1 – Двумерное распределение

\bar{X}_j	\bar{Y}_l									$\sum_{l=1}^k n_{jl}$	\bar{Y}_j
	52,7	56,2	59,7	63,2	66,7	70,2	73,7	77,2	80,7		
140		5	1							6	58,8
164		6	4	2	2					14	59,7
188	4	5	7	5	2					23	59,1
212	2	8	11	10	5	1				37	60,7
236	3	4	9	4	4	2				26	60,8
260	1	2	3	5	7	4	3	1		26	65,6
286				4	5	3	4	1	1	21	69,5
308						6	5	5		13	74,9
332								4	6	10	79,3
$\sum_{j=1}^k n_{jl}$	10	30	35	30	25	16	12	11	7	176	-

Для двумерной таблицы грубым промахом считаются пары, попавшие в клетку, отстоящую от основного массива данных одновременно не менее, чем на одну пустую клетку по горизонтали и по вертикали. Другими словами, если в таблице двумерного распределения есть одиноко стоящая заполненная клетка, вокруг которой есть хотя бы по одной пустой клетке, то это двумерное выделяющееся значение [2].

Стандартные статистические пакеты не позволяют реализовать данный метод. Применение других методов отсева промахов требует соблюдения нормального закона распределения, что невозможно гарантировать в исследуемых данных [4].

Применение пакета MathModel (разработчики НИЛ «Математическое моделирование», г. Тирасполь, Молдова) позволяет провести всю цепочку работ над экспериментальными данными, начиная от очистки данных от грубых промахов и отбора информативных параметров и заканчивая получением различных статистических математических моделей и оценки качества путем сравнения их информационных емкостей.

Данные измерения могут быть записаны в файле на диске в любом из трех форматов: двоичный (*.prq), текстовый (*.txt) или файл баз данных (*.dbf). В двоичном файле первые два числа целого типа и должны содержать количество строк и столбцов данных в таблице измерений [9].

Программа реализует достаточное количество методов статистического моделирования по пассивным данным, но есть ряд недостатков:

1. При создании нового проекта нет возможности вручную ввести значения для вычислений.
2. Ограничено количество параметров для расчетов, которое не должно превышать 50.
3. Программа не позволяет сохранять промежуточные данные, так как не используются базы данных.

Не предусмотрена сетевая версия программного продукта.

СРЕДСТВА РЕАЛИЗАЦИИ МЕТОДА

Разработанный нами программный комплекс позволяет устранить эти недочеты. Программа состоит из серверной и клиентской частей. Серверная часть работает под управлением СУБД Oracle 10g (данная СУБД установлена на заводе) и представляет собой набор таблиц и хранимых подпрограмм, выполняющих хранение и обработку исходных данных. При проектировании комплекса было решено, что большая часть вычислений будет

выполняться средствами СУБД Oracle, так как данный подход позволяет сократить расходы системных ресурсов, необходимых для передачи данных клиенту и их возврату в измененном виде [7].

Клиентская часть представлена набором функционально разделенных модулей. В качестве среды разработки был использован Borland C++ Builder версии 6.0. Результатом сборки проекта является исполняемое приложение, предоставляющее пользовательский интерфейс для выполнения вычислительных задач, возложенных на программный комплекс.

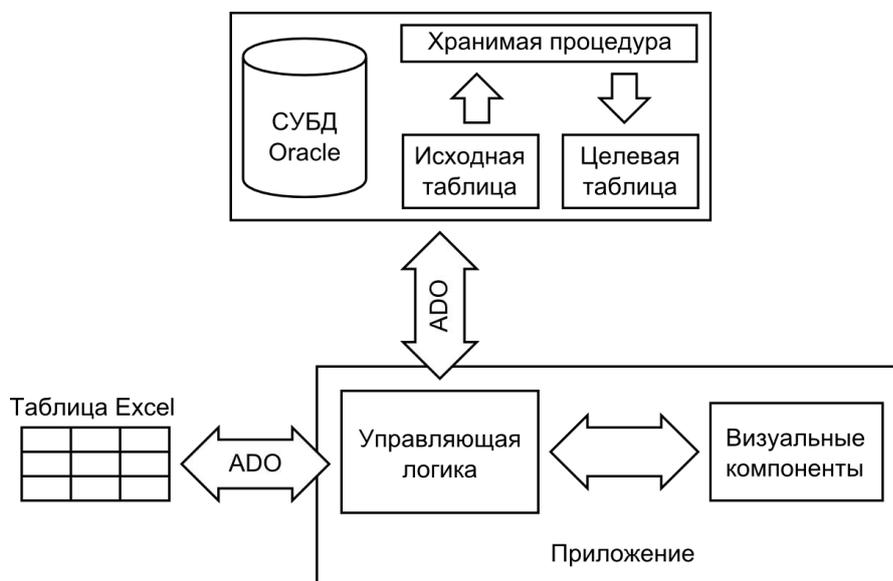


Рисунок 1 – Структурная схема программного комплекса

Взаимодействие приложения и СУБД Oracle осуществляется при помощи программного интерфейса доступа к данным ActiveX Data Objects (сокращенно ADO), разработанного компанией Microsoft. Данный интерфейс является универсальным и позволяет взаимодействовать с различными СУБД. Необходимым условием его функционирования является наличие подходящего для данной СУБД драйвера поставщика данных. На данный момент существует два подобных драйвера, реализующих интерфейс ADO для СУБД Oracle. Первый из них – поставщик данных, разработанный компанией Microsoft. Второй – драйвер, содержащийся в установочном пакете СУБД Oracle. В результате проведенных тестирований выяснилось, что драйвер, предоставленный компанией Microsoft, не может выполнить поставленную задачу, так как не способен установить соединение с сервером БД и приводит к появлению сбоев в работе программы. В свою очередь, драйвер компании Oracle обеспечивает стабильную работу.

Серверная часть представлена в виде набора служебных и пользовательских таблиц, хранимых подпрограмм, ограничений и последовательностей.

Данные объекты образуют целостную структуру, позволяющую в полной мере выполнять поставленные задачи. На рисунке 2 отображена структурная схема базы данных, из которой видно, что работа комплекса построена на трёх служебных таблицах: FILTER_METHODS, FILTER_METHOD_ARGUMENTS и EXPERT_FORMS.

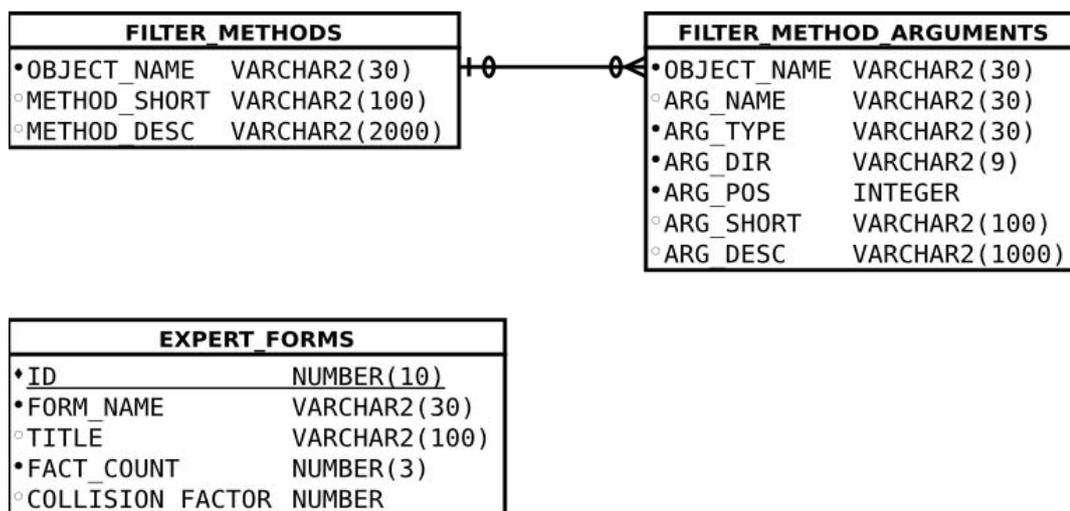


Рисунок 2 – Структурная схема БД

Таблица FILTER_METHODS используется для хранения информации о хранимых функциях, реализующих алгоритмы отсева грубых промахов. К такой информации относятся: имя хранимой функции (поле OBJECT_NAME), краткое описание или название метода отсева (METHOD_SHORT), развернутое описание метода отсева (METHOD_DESC). Поля описаний содержат информацию о функциях отсева на естественном для пользователя языке. Содержимое данной таблицы используется в клиентской программе для автоматического формирования списка доступных методов отсева грубых промахов [6].

Для автоматического вызова подпрограммы необходимо хранить список и типы ее параметров. Для этого предназначена таблица FILTER_METHOD_ARGUMENTS, каждая запись которой хранит информацию об одном параметре подпрограммы. Связь параметров с хранимой подпрограммой устанавливается через поле OBJECT_NAME. В целом структура таблицы описана полями, представленными в таблице 2.

Чтобы избежать нарушения целостности, на поля ARG_DIR и ARG_POS таблицы FILTER_METHOD_ARGUMENTS налагаются соответствующие ограничения INOUT_CHECK_CONSTRAINT и ARGPOS_CHECK_CONSTRAINT. Возможные значения поля ARG_DIR ограничены набором ('IN', 'OUT', 'INOUT'), а значения поля ARG_POS ограничены только положительными числами.

Таблица 1 – Список полей таблицы FILTER_METHOD_ARGUMENTS

Имя столбца	Описание
OBJECT_NAME	имя хранимой подпрограммы
ARG_NAME	имя параметра подпрограммы
ARG_TYPE	тип параметра
ARG_DIR	направление передачи аргумента;
ARG_POS	позиция параметра в списке
ARG_SHORT	название параметра на естественном языке
ARG_DESC	описание параметра на естественном языке

Клиентская часть комплекса использует информацию из таблицы FILTER_METHOD_ARGUMENTS для автоматического создания полей формы пользовательского интерфейса, что позволяет пользователю несколькими простыми действиями выполнить вызов хранимой подпрограммы, не беспокоясь о порядке и типах ее параметров.

Разработанный программный продукт является средством реализации процедуры отсева грубых промахов для сокращения факторного пространства. В проведенном

исследовании это позволило исключить из исходной таблицы данных плавки, несоответствующие стандартам [3]. В дальнейшем на основании этих данных будут построены математические модели с целью прогнозирования, внедрения новых видов стали и создания основы для разработки системы автоматизированного управления качеством продукции. Полученные результаты позволяют оптимизировать процесс построения модели многофакторного процесса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Boswijk H.P. Asimptotic Theory for Integrated Processes // Oxford University Pres, 1999.
2. Cameron A.C., Windmeijer A.D. An-squared measure of Goodness of Fit for Some Common Nonlinear Regression Models // Journal of Econometrics, 1997. – № 77. – P. 329-342.
3. Dogerty K. Introduction to Econometrics // The 3-th Ed. Oxford University Press, 2006.
4. Phillips P.C.B., Moon H.R. Linear Regression Limit Theory for Nonstationary Panel Data // Econometrica, 1999. – № 67. – P. 1057-1111.
5. Stochastic check for control of electronic wares quality // Trans. of 10-th International Symposium on Applied stochastic Models and Data Analysis. – June 12-15, 2001. – Univ. de Techn. de Compiegne, France. – V.1. – P. 387-390.
6. Долгов Ю.А. Схема математического моделирования технологического процесса плавки стали / Ю.А. Долгов, Л.Я. Козак, О.В. Шестопал // Радіоелектронні і комп'ютерні системи, 2010. – № 7. – С. 157-160.
7. Захарова О.В. Программный инструментарий для моделирования вычислительных средств управления // Информационные системы и технологии, 2012. – № 6(74). – 90 с.
8. Коноплев А.Н., Суворова Г.П. Математическая модель диагностики и восстановления технологического оборудования в мелкосерийном производстве // Информационные системы и технологии, 2013. – № 3(77). – С. 30-36.
9. Савва Ю.Б. Разработка архитектуры автоматизированной информационной системы оценки технического состояния основных фондов предприятия // Информационные системы и технологии, 2013. – № 4(78). – С. 47-56.

Аверченков Андрей Владимирович

Брянский государственный технический университет, г. Брянск
Проректор по инновационной работе и международному сотрудничеству, профессор кафедры «Компьютерные технологии и системы»
E-mail: mahar@mail.ru

Козак Людмила Ярославовна

Рыбницкий филиал Приднестровского государственного университета им. Т.Г. Шевченко, г. Рыбница
Старший преподаватель кафедры «Физика, математика и информатика»
Тел.: +373 (555) 4-39-21
E-mail: ludmilayaroslovna@gmail.com

A.V. AVERChENKOV (*Prorektor for Innovative Work and International Cooperation*)
Bryansk State Technical University, Bryansk

L.Ya. KOZAK (*Senior Teacher of the Department «Physics, Mathematics and Computer Science»*)
Ry'bnickij branch of Transdnestrian State University named after Shevchenko, Ry'bnicza

RESOURCES OF IMPLEMENTATION PROCEDURES FOR THE REDUCTION OF FACTORSPACE FUNDS

This article describes the sequence of reduction of baseline for the steelmaking process to a form suitable for the construction of a mathematical model to predict the introduction of new types of steel and provide the basis for the development of automated quality control.

Keywords: *passive experiment; two-dimensional distribution; mathematical model; blunders; modeling process.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Boswijk H.P. Asimptotic Theory for Integrated Processes // Oxford University Pres, 1999.
2. Cameron A.C., Windmeijer A.D. An-squared measure of Goodness of Fit for Some Common Nonlinear Regression Models // Journal of Econometrics, 1997. – № 77. – P. 329-342.
3. Dogerty K. Introduction to Econometrics // The 3-th Ed. Oxford University Press, 2006.
4. Phillips P.C.B., Moon H.R. Linear Regression Limit Theory for Nonstationary Panel Data // Econometrica, 1999. – № 67. – P. 1057-1111.
5. Stochastic check for control of electronic wares quality // Trans. of 10-th International Symposium on Applied stochastic Models and Data Analysis. – June 12-15, 2001. – Univ. de Techn. de Compiegne, France. – V.1. – P. 387-390.
6. Dolgov Yu.A. Sxema matematicheskogo modelirovaniya texnologicheskogo processa plavki stali / Yu.A. Dolgov, L.Ya. Kozak, O.V. Shestopal // Radioe'lektronni i komp'yuterni sistemy', 2010. – № 7. – S. 157-160.
7. Zaxarova O.V. Programmny'j instrumentarij dlya modelirovaniya vy'chislitel'ny'x sredstv upravleniya // Informacionny'e sistemy' i texnologii, 2012. – № 6(74). – 90 s.
8. Konoplyov A.N., Suvorova G.P. Matematicheskaya model' diagnostiki i vosstanovleniya texnologicheskogo oborudovaniya v melkoserijnom proizvodstve // Informacionny'e sistemy' i texnologii, 2013. – № 3(77). – S. 30-36.
9. Savva Yu.B. Razrabotka arxitektury' avtomatizirovannoj informacinoj sistemy' ocenki texnicheskgo sostoyaniya osnovny'x fondov predpriyatiya // Informacionny'e sistemy' i texnologii, 2013. – № 4(78). – S. 47-56.

УДК 004.93

П.О. АРХИПОВ

ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ МЕТАДАННЫХ ЦВЕТНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

В статье автор описывает информационную модель формирования метаданных цветных изображений. Данная модель представляет технологию, позволяющую ограниченному набором идентифицирующих характеристик описать любое цветное графическое изображение. Показано выделение контуров цветного изображения.

Ключевые слова: информационная модель; метаданные; цвет; изображение; пиксель; зона толерантности; контуры объекта; характеристические точки.

ВВЕДЕНИЕ

В существующей системе маркировки и идентификации графического интернет-контента (СМГИК) осуществляется регистрация графических изображений с выдачей защищенного сертификата на бумажном носителе и последующая идентификация с подтверждением подлинности изображения [1]. В СМГИК сравнение уменьшенной копии изображения сертификата с представленным оригиналом производится оператором системы визуально. Принятие решения о достоверности изображения может быть субъективным.

Для снижения степени субъективизма при принятии решения о подлинности изображения предлагается использовать дополнительные данные о структуре цветов изображения и их месторасположении внутри изображения. Такие данные можно сформировать путем разделения изображения на сегменты, состоящие из смежных цветонеразличимых пикселей, выделения пикселей, характеризующих местоположение сегментов, и фиксации их координат в пределах самого изображения.

Дополнив упомянутые данные данными об условиях и времени съемки, автор изображения может сформировать массив метаданных, описывающих регистрируемое изображение, и далее занести его в сертификат в виде цветного штрихового кода (ЦШК).

При осуществлении съемки необходимо следить, чтобы такие параметры, как тип фотосенсоров, алгоритм обработки, формат файлов, применяемый для сохранения оцифрованных данных и разрешение матрицы, устанавливались одинаковыми для всех получаемых изображений. Кроме того, расстояние до фотографируемого объекта, студийное освещение и фон должны быть неизменными на всем протяжении работы СМГИК.

Целью работы является создание информационной модели формирования метаданных цветных изображений (ИМФМЦИ).

ПРОВЕДЕНИЕ ОЦИФРОВКИ ИСХОДНОГО ЦВЕТНОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

После того, как оригинальное изображение (например, картина на холсте) преобразовано в цифровую форму, т.е. проведена оцифровка, мы имеем набор цветных пикселей, составляющих изображение.

$$I = \begin{bmatrix} p_{11} & \cdots & p_{1j} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{i1} & \cdots & p_{ij} \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$p = (r, g, b)$$

где p – множество цветных пикселей изображения I .

АППРОКСИМАЦИЯ ЦВЕТОВОГО ПРОСТРАНСТВА ИЗОБРАЖЕНИЯ ЦВЕТАМИ ВЫБРАННОЙ РАБОЧЕЙ ПАЛИТРЫ

Проводим аппроксимацию цветового пространства изображения цветами какой-либо рабочей палитры, например, 256 цветов.

$$I \rightarrow Ia$$

$$Ia = \begin{bmatrix} r_1 & g_1 & b_1 \\ \dots & \dots & \dots \\ r_k & g_k & b_k \end{bmatrix} \quad (2)$$

где k – количество цветов палитры после аппроксимации; r, g, b – красная, зеленая и синяя составляющие пикселя аппроксимированного изображения.

ВЫДЕЛЕНИЕ ГРУПП ПИКСЕЛЕЙ ПО ПРИЗНАКУ ЦВЕТОРАЗЛИЧИЯ И ФОРМИРОВАНИЕ ЗОН ТОЛЕРАНТНОСТИ

По признаку цветоразличия формируем пиксели в зоны толерантности [2].

$$Z_t = p_i \cup p_j, i = 1, \dots, n, j = 1, \dots, m, \quad (3)$$

где p_i, p_j – пиксели одной зоны толерантности; $t = 1, \dots, T$ – количество зон толерантности.

Рассмотрим первый пиксель изображения, он образует первую зону толерантности. Выбираем следующий пиксель, проводим сравнение его цветовых координат с цветом зоны толерантности, которую образует первый пиксель. Если сравнение цветов удовлетворяет условиям близости, т.е. разность между пикселями меньше порогового значения коэффициента цветоразличия, то текущий пиксель помечается как принадлежащий зоне толерантности. Иначе необходимо сформировать новую зону толерантности и занести текущий пиксель туда [3].

Таким образом, мы обходим все изображение по строкам, получая в итоге сформированные цветоразличаемые друг от друга зоны толерантности.

ПОСТРОЕНИЕ ЛОКАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ КООРДИНАТ

Локальная система координат (ЛСК) строится по крайним пикселям структур объекта, устойчиво различаемым на изображении.

Для вычисления контуров объектов необходимо перевести его в полутоновое изображение и вычислить градиент функции интенсивности в каждой точке изображения. Области соответствуют реальным объектам или их частям, а границы областей соответствуют границам реальных объектов. Используем обнаружение разрывов яркости с помощью маски. Такую маску иначе называют ядром, которое представляет собой квадратную матрицу, соответствующую сопоставленным яркостным составляющим аппроксимированного изображения.

Для нахождения границ объектов на изображении нами используется оператор Собеля. Результатом работы оператора Собеля в точке области постоянной яркости будет нулевой вектор, а в точке, лежащей на границе областей различной яркости – вектор, пересекающий границу в направлении увеличения яркости [4].

$$I \rightarrow Ik, Ik = Ip \cup Gy \cup Gx, \quad (4)$$

где Ip – полутоновое изображение; Ik – бинаризованное изображение с выделенными контурами объекта; Gy, Gx – две матрицы 3×3 , содержащие производные по x и по y .

Таким образом, мы получаем граничные контуры объектов на бинаризованном изображении.

После оконтуривания составляющих изображение объектов мы можем построить локальную систему координат. Ось Y будет проходить по крайней точке контура слева. Ось X по нижней точке контура. Пересечение этих осей дает нам начало координат.

Кроме того, мы можем зафиксировать крайнюю правую точку контура, что позволит нам запомнить его пространственное положение.

$$OB = \{Lt(x1, y1), Nt(x2, y2), Pt(x3, y3)\}, \quad (5)$$

где OB – контур объекта на изображении; Lt – левая точка контура; Nt – нижняя точка контура; Pt – правая точка контура.

СЕГМЕНТАЦИЯ И ВЫЧИСЛЕНИЕ ЦЕНТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКИХ ТОЧЕК ИЗОБРАЖЕНИЯ

Проведем сегментацию выделенных зон толерантности. Для каждой зоны толерантности просматриваются все пиксели, принадлежащие ей. Координаты пикселей сравниваются и находятся максимальное и минимальное значения x и y внутри зоны. Эти значения образуют две точки, через которые строится прямоугольник, описывающий данную зону толерантности. Описывающий прямоугольник может содержать пиксели другой зоны толерантности. Поэтому строится вписанный прямоугольник, содержащий пиксели только выбранной зоны толерантности.

По технологии, описанной в статье [3], находим центральную точку вписанного прямоугольника. Эта точка является характеристической точкой данного сегмента, однозначно определяющая его геометрическое местоположение и цвет.

Запоминаем в массиве основные атрибуты сегмента, координаты характеристической точки и ее цвет, координаты аппроксимирующих прямоугольников.

$$S = \{IS_i, C_i, NP_i, O_i, K_i\}, \quad (6)$$

$$K_i = \{TLos_i, BRos_i, TLis_i, BRis_i\} = \{(x1, y1)(x4, y4)(x'1, y'2)(x'4, y'4)\},$$

где IS_i – индекс сегмента (номер сегмента); C_i – цвет сегмента (усредненное значение r, g, b); NP – количество пикселей в сегменте; O – характеристическая точка с координатами (x, y) и цветными значениями (r, g, b) ; K – координаты аппроксимирующих прямоугольников; $TLos$, $BRos$ – координаты верхней левой точки и нижней правой точки описанного прямоугольника; $TLis$, $BRis$ – координаты верхней левой точки и нижней правой точки вписанного прямоугольника.

$$i = 1, \dots, N, l = 1, \dots, M.$$

Совокупность вычисленных характеристических точек дает нам возможность компактно описать все изображение.

ЗАНЕСЕНИЕ МЕТАДАННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЯ В СЕРТИФИКАТ

Создаем массив метаданных, содержащий данные о рабочей палитре, координаты ОП, координаты характеристических точек и вершин аппроксимирующих прямоугольников, данные об авторе, времени съемки, разрешении, и оцениваем требуемую емкость ЦШК. В случае ограничений по емкости ЦШК уменьшаем количество характеристических точек и соответствующих им данных о вершинах аппроксимирующих прямоугольников, соблюдая равномерное их распределение по площади изображения.

$$Mas = \{Rp, OB, O_v, K, Dp, Uc\}, \quad (7)$$

где Rp – формат рабочей палитры; OB – координаты левой, нижней и правой точки контура объекта; O_v – характеристическая точка сегмента изображения, $v = 1, \dots, V$; K – координаты аппроксимирующих прямоугольников, $K \in S$; Dp – данные об авторе, времени съемки, разрешении; Uc – количество информации (байт) заносимое в ЦШК.

Представленные в модели данные описаны в таблице 1.

Таблица 1 – Структура данных модели ИМФМЦИ

Наименование	Описание данных	Идентифи-	Представление данных
--------------	-----------------	-----------	----------------------

данных		каторы данных	
Пиксель изображения	Наименьший элемент растрового изображения	p	Структура вида (r,g,b)
Изображение	Фотография	I	Двумерный массив p
Аппроксимированное изображение	Изображение с ограниченной палитрой	Ia	Двумерный массив p'
Зоны толерантности	Области с цветонеразличаемыми пикселями	Zt	Массив структур p''
Контурь объекта на изображении	Множество пикселей контура объекта	OB	Массив структур p ^o
Крайние точки контуров объекта	Левая точка, нижняя точка и правая точка	Lt, Nt, Pt	Структуры вида (x,y)
Маска	Матрицы оператора Собеля размером 3*3	Gy, Gx	Массив коэффициентов[-2,...,2]
Локальная система координат	Прямые проходящие через Lt и Nt	XOY	Двумерный массив
Сегмент	Прямоугольная область изображения	S	Структура вида (IS _i ,C _i ,NP,O,K)
Характеристическая точка	Генерируемая на изображении точка, описывающая данный сегмент	O	Структура вида (x,y,r,g,b)
Массив метаданных	Метаданные, характеризующие искомое изображение	Mas	Структура вида (Rp, OB,O _v ,K,Dp,Uc)

СРАВНЕНИЕ МЕТАДАНЫХ ИСХОДНОГО И АНАЛИЗИРУЕМОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

Сравнивая метаданные оригинального изображения и метаданные полученного на экспертизу изображения, мы делаем вывод об идентичности оригинального и тестируемого изображений. Если значения метаданных точек совпадают, то изображения идентичны, иначе говорим о несоответствии представленного изображения оригиналу.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Описанная выше информационная модель формирования метаданных цветных изображений дает представление о том, как ограниченным набором идентифицирующих характеристик можно описать цветное изображение. Произведено описание основных этапов информационной модели, структур и потоков данных.

Предлагаемая модель может быть использована для исключения субъективизма при принятии решения о подлинности изображения при сравнении его с оригиналом.

Использование дополнительных данных о структуре цветов изображения, их месторасположении внутри изображения позволяет ускорить время принятия решения о подлинности изображения, исключая воздействие человеческого фактора.

Подлинность представленного на экспресс-анализ изображения устанавливается после последовательного прохождения всех этапов модели, сравнения метаданных анализа и хранящихся в сертификате. При их совпадении тестируемое изображение признается подлинным. В противном случае по требованию заявителя проводится инструментальный (химический, физический, радиоуглеродный и др.) анализ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2011611475. Система маркировки и идентификации графического интернет-контента: заявка № 2010617906 от 16.12.2010 (РФ) / И.С. Константинов, О.П. Архипов, П.О. Архипов, Р.А. Лунёв, А.А. Стычук, А.В. Голенков, А.С. Засимов, А.А. Мотин (РФ). Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 15.02.2011 г. (РФ).
2. Архипов П.О., Стычук А.А. Технология создания палитры цветоразличаемых пикселей // Информационные технологии в науке, образовании и производстве. Материалы III Международной научно-технической конференции. – Орел: Известия ОрелГТУ, 2008. – № 1-2. – С. 22-24.
3. Архипов П.О., Сорокин А.И. Информационная технология формирования характеристических признаков предварительной идентификации цветных изображений // Орел: Информационные системы и технологии, 2012. – № 6/74. – С. 120-124.
4. K. Engel (2006). «Real-time Volume Graphics». – С. 112-114

Архипов Павел Олегович

ОФ ИПИ РАН, г. Орел

Кандидат технических наук, старший научный сотрудник

Тел.: 8 (4862) 36-86-88

E-mail: arpaul@mail.ru

P.O. ARXIPOV (*Candidate of Engineering Science, Senior Researcher*)
The Institute of Informatics Problems of the Russian Academy of Sciences, Orel

INFORMATION MODEL FORMATION OF METADATA OF COLOR IMAGES

In the article author describes the information model for the creation of metadata color images. This model represents a technology that allows identifying a limited set of characteristics to describe any color graphic image. Shown polygon selection of a color image.

Keywords: *information model; metadata; color; image; pixel; zone of tolerance; object contours; characteristic dots.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii programmy' dlya E'VM № 2011611475. Sistema markirovki i identifikacii graficheskogo internet-kontenta: zayavka № 2010617906 ot 16.12.2010 (RF) / I.S. Konstantinov, O.P. Arxipov, P.O. Arxipov, R.A. Lunyov, A.A. Sty'chuk, A.V. Golenkov, A.S. Zasimov, A.A. Motin (RF). Zaregistrovano v Reestre programm dlya E'VM 15.02.2011 g. (RF).
2. Arxipov P.O., Sty'chuk A.A. Tekhnologiya sozdaniya palitry' czvetorazlichaemy'x pikselej // Informacionny'e tekhnologii v nauke, obrazovanii i proizvodstve. Materialy' III Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii. – Oryol: Izvestiya OryolGTU, 2008. – № 1-2. – S. 22-24.
3. Arxipov P.O., Sorokin A.I. Informacionnaya tekhnologiya formirovaniya karakteristikicheskix priznakov predvaritel'noj identifikacii czvetny'x izobrazhenij // Oryol: Informacionny'e sistemy' i tekhnologii, 2012. – № 6/74. – S. 120-124.
4. K. Engel (2006). «Real-time Volume Graphics». – С. 112-114.

УДК 620.91:51-74

А.В. БЕЛОУСОВ, С.Н. ГЛАГОЛЕВ, Ю.А. КОШЛИЧ

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ЗДАНИЙ С ПИКОВЫМ ТЕПЛОИСТОЧНИКОМ НА ОСНОВЕ ГЕЛИОУСТАНОВКИ

В статье рассмотрен вопрос построения модернизированной модели тепловой гелиоустановки горячего водоснабжения на основе дифференциальных уравнений тепловых балансов. Впервые процесс формирования математической модели основан на включении в него элементов эмпирического исследования и геометрической конфигурации элементов системы.

Ключевые слова: гелиоустановка, солнечный коллектор, горячее водоснабжение, пиковый теплоисточник, математическая модель.

Математическая модель – это приближенное описание какого-либо класса явлений внешнего мира, выраженного с помощью математической символики [1]. Математическая модель – это мощный метод познания процесса или объекта, а также прогнозирования и управления. Анализ математической модели позволяет проникнуть в сущность изучаемых процесса или объекта. Математическое моделирование состоит из четырех этапов:

- запись в математических терминах, сформулированных качественных представлений о связях между отдельными элементами процесса или объекта;
- получение в результате анализа математической модели выходных данных (теоретических следствий) для дальнейшего их сопоставления с результатами наблюдений явления (процесса или объекта);
- проверка удовлетворения принятой матмодели результатам наблюдений в пределах точности наблюдений (т.е. критерию практики);
- последующий анализ математической модели в связи с накоплением данных о наблюдаемых процессе или объекте.

Итак, математическая модель – это замена реальных процесса или объекта математическими соотношениями так, чтобы изучаемые стороны процесса или объекта не потеряли существенного [2]. Нередко математическая модель формируется в виде системы дифференциальных уравнений, а доминирующая проблема – это оценка численного метода решения дифференциальных уравнений [3, 4]. В настоящей работе матмодель гелиоустановки записана в виде системы обыкновенных дифференциальных уравнений, полученных при рассмотрении отдельных звеньев гелиоустановки из соответствующих энергетических балансов. При этом в математическую модель впервые включены некоторые эмпирические зависимости.

Упрощенная функциональная схема системы ГВС с использованием в качестве пикового источника энергии тепловой гелиоустановки представлена на рисунке 1. Ключевым элементом гелиоустановки являются солнечные коллекторы (СК1-СК12), которые осуществляют преобразование солнечной энергии в тепловую, которая сообщается теплоносителю – антифризу. Рециркуляция антифриза в системе обеспечивает центробежный насос 3а. Нагретый в коллекторах антифриз поступает в бойлер. Бойлер или бак-аккумулятор выполняет две функции: теплообмен между антифризом и поступающей холодной водой, а также аккумуляцию тепловой энергии. Открытием или закрытием клапана режима 2а можно переменным образом управлять мощностью теплоисточника (гелиоустановки) за счет изменения объемного расхода проходящей через гелиоустановку холодной воды, объем которой равен вытесняемому из бойлера объему подогретой воды. Таким образом, гелиоустановка может работать в независимом режиме (режиме накопления тепловой энергии) и в пиковом режиме (режиме отдачи тепловой энергии).

В теплообменнике теплового узла (ТУЗ) горячая вода, подготовленная гелиоустановкой, нагревается до требуемой температуры за счет энергоносителя, подаваемого из автономной котельной. Объемный расход теплоносителя котельной регулируется клапаном 1а.

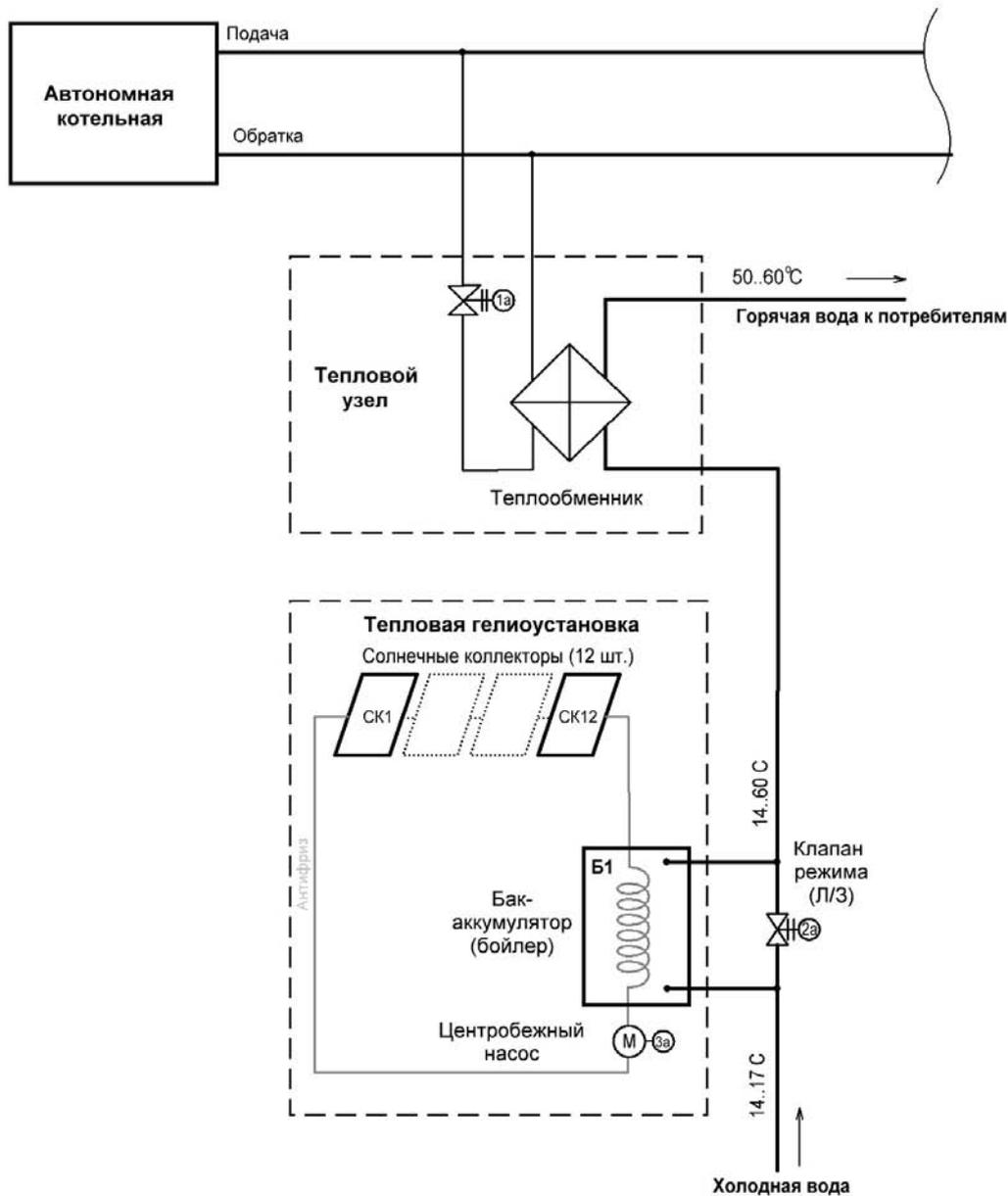


Рисунок 1 – Функциональная схема системы ГВС

Энергетические балансы для функциональных элементов гелиосистемы в виде дифференциальных уравнений позволили построить следующую математическую модель [5]:

$$\begin{cases} qS^c = \alpha^c S^c (T_M^c - T_{\text{ВЫК}}^c) + m_M^c c_p^c \frac{dT_M^c}{dt}, & (1) \end{cases}$$

$$\begin{cases} S_m^c c_{pm} T_{\text{ВХ}}^c + \alpha^c S^c (T_M^c - T_{\text{ВЫК}}^c) = S_m^c c_{pm} T_{\text{ВЫК}}^c + m_m^c c_p^c \frac{dT_{\text{ВЫК}}^c}{dt}, & (2) \end{cases}$$

$$\begin{cases} m_m^a c_p^a \frac{dT_{\text{ВЫК}}^a}{dt} = F_m^a c_{pm} T_{\text{ВХ}}^a - F_m^a c_{pm} T_{\text{ВЫК}}^a, & (3) \end{cases}$$

где q – удельный тепловой поток инсоляции, который поступает на поверхность солнечного коллектора, Вт/м²; S – поверхность теплоотдачи, м²; α^c – коэффициент теплоотдачи от стенки солнечного коллектора к теплоносителю Вт/м²·К; $T_{вх}$, $T_{вых}$ – входная и выходная температуры теплоносителя, К; T_m – температура материала, К; m_m , m_M – массы теплоносителя и материала соответственно, кг; c_{pm} – теплоемкость теплоносителя (через все элементы проходит одинаковый теплоноситель), Дж/кг·К; c_p – теплоемкость материала, Дж /кг·К; F_m – расход теплоносителя, кг/с.

Верхние индексы для общих переменных определяют, к какому основному элементу системы (или его части) они относятся: c – солнечный коллектор; a – аккумулятор-бак (бойлер);

После небольших упрощений запишем (1) и (2) в виде:

$$\begin{cases} \frac{dT_M^c}{d\tau} = \frac{qS^c}{m_M^c c_p^c} - \frac{\alpha^c S^c}{m_M^c c_p^c} (T_M^c - T_{вх}^a); \\ \frac{dT_{вх}^a}{d\tau} = \frac{F_M^c T_{вх}^a}{m_M^c} - \frac{\alpha^c S^c (T_M^c - T_{вх}^a)}{m_M^c c_{pm}} - \frac{F_m^c T_{вх}^a}{m_M^c}. \end{cases} \quad (4)$$

При этом учтены равенства: $T_{вх}^c = T_{вх}^a$ и $T_{вх}^a = T_{вх}^c$.
Для бака-аккумулятора тепловой энергии (бойлера)

$$\frac{dT_{вх}^a}{d\tau} = \frac{F_m^a}{m_m^a} (T_{вх}^c - T_{вх}^a). \quad (6)$$

Уравнения (4), (5), (6) можно объединить в систему двух дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} \frac{dT_M^c}{d\tau} = \frac{qS^c}{m_M^c c_p^c} - \frac{\alpha^c S^c}{m_M^c c_p^c} (T_M^c - T_{вх}^a); \\ \frac{d(T_{вх}^a - T_{вх}^c)}{d\tau} \frac{1}{(T_{вх}^a - T_{вх}^c)} = - \left(\frac{F_M^c}{m_M^c} + \frac{F_m^a}{m_m^a} \right) + \frac{\alpha^c S^c}{m_M^c c_{pm}} \frac{(T_M^c - T_{вх}^a)}{(T_{вх}^a - T_{вх}^c)}. \end{cases} \quad (7.1)$$

Уравнения (7.1) и (7.2) фактически описывают процесс рециркуляции теплоносителя (антифриза) в солнечном коллекторе и бойлере. При фиксированном значении $T_{вх}^a$, уравнение (7.1) становится обыкновенным линейным и его можно решить аналитически. Если принять

$$\frac{dT_M^c}{d\tau} = y', \quad \frac{qS^c}{m_M^c c_p^c} = k_1, \quad \frac{\alpha^c S^c}{m_M^c c_p^c} = p_1, \quad T_{вх}^a = c,$$

уравнение (7.1) примет следующий вид:

$$y' = k_1 - p_1 y + p_1 c$$

или

$$y' + p_1 y = k_1 + p_1 c.$$

Пусть $y = uv$, т.е. $y' = u'v + v'u$. Тогда

$$u'v + u(p_1 v + v') = k_1 + p_1 c = k.$$

Следовательно,

$$\begin{cases} u'v = k; \\ p_1 v + v' = 0; \\ \frac{dv}{d\tau} = -p_1 v; \\ \frac{du}{d\tau} v = k; \\ \int \frac{dv}{v} = -p_1 \int d\tau; \\ \ln|v| = -p_1 \tau; \\ |v| = e^{-p_1 \tau}; \end{cases}$$

Подставив полученное значение, получим:

$$\begin{aligned} \frac{du}{d\tau} e^{-p_1 \tau} &= k; \\ \int du &= k \int e^{p_1 \tau} d\tau; \\ u &= \frac{k}{p_1} e^{p_1 \tau}; \\ y &= e^{-p_1 \tau} \frac{k}{p_1} e^{p_1 \tau} = \frac{k}{p_1}. \end{aligned}$$

В итоге

$$T_M^c = \frac{\frac{qS^c}{m_M^c c_p^c} + \frac{\alpha^c S^c}{m_M^c c_p^c}}{\frac{\alpha^c S^c}{m_M^c c_p^c}} = \frac{q}{\alpha^c} + T_{вх}^a.$$

Классическое построение математической модели солнечного коллектора связано с применением поверхностного интеграла. Действительно, если выделить на небольшом расстоянии δ от внешней поверхности коллектора слой воздуха с поверхностью, равной S^c и незначительной толщины δ , то через этот монослой непрерывно будет проходить тепловой поток инсоляции. При этом величина δ -слоя (монослоя) такова, что температура его верхней границы равна T_1^c (температура верхней границы, т.е. степень нагрева воздуха вне солнечного коллектора). Контактруя с поверхностью солнечного коллектора, нагретый воздух отдает тепловую энергию этой поверхности коллектора и «приобретает» температуру $T_2^c < T_1^c$. В монослое возникает процесс конвекции (диспанцией энергии и теплоотдачей от поверхности коллектора пренебрегаем). Тогда

$$q_m = \iint_{S^c} \vec{v} \vec{n} dS^c,$$

где q_m – количество тепловой энергии, прошедшей за единицу времени через внешнюю поверхность монослоя, \vec{v} – скорость поступления нагретого воздуха к поверхности солнечного коллектора, \vec{n} – единичный вектор нормали (рис. 1) [6].

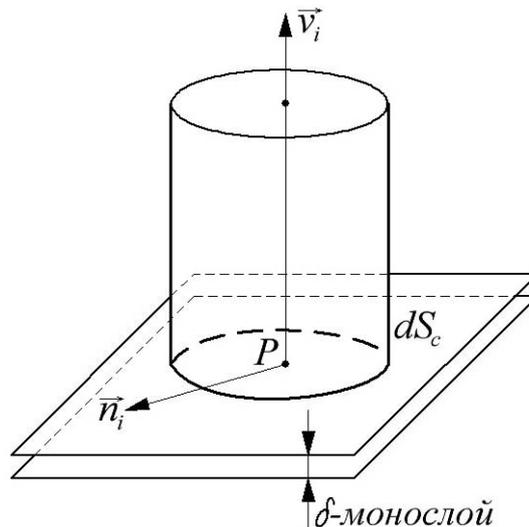


Рисунок 1 – Схематическое представление поверхности солнечного коллектора

С большой достоверностью можно считать, что необходимая энергия потока инсоляции будет полностью поглощена поверхностью солнечного коллектора. Известно, что количество теплоты Q [3] определяется формулой

$$Q' = \alpha S \tau \cdot \Delta T, \tag{8}$$

где $\Delta T = T^{нв} - T_M^c$, $T^{нв}$ – температура нагретого воздуха, α – коэффициент теплоотдачи между воздухом и гладкой поверхностью, равный $\alpha = 5.6 + 4v_1$ [3], где v_1 – скорость нагретого воздуха, поступающего к поверхности гелиоколлектора.

В нашем случае практически происходит процесс $A \rightarrow B_1$, где A – воздух, B_1 – внешняя поверхность солнечного коллектора. Для реализации непрерывности этого процесса ($A \rightarrow B_1$) необходим объект (тело) C и процесс $B_2 \rightarrow C$, где B_2 – внутренняя поверхность коллектора ($S^{B_2} \equiv S^{B_1} \equiv S^C$). Допустимо, очевидно, рассматривать вышеизложенное в упрощенном варианте. Из (8) следует:

$$\frac{Q'}{\tau S^C} = q,$$

где q – удельный тепловой поток инсоляции, который поступает на поверхность коллектора. Тогда q равно:

$$q = \alpha \Delta T, \quad (9)$$

где $\alpha \approx \alpha^c$, т.е. $\alpha^c = 5.6 + 4v_1$, а $v_1 = f(v^a)$, v^a – скорость поступления (подачи) антифриза в солнечный коллектор, причем $f(v^a)$ должна быть линейной ($v_1 = k + bv^a$). Регулируя скорость подачи антифриза так, что его расход будет соответствовать v_1 , можно получить пиковый режим работы солнечного коллектора, так как от него будет отводиться максимальное количество тепловой энергии инсоляции.

В данном случае солнечный коллектор целесообразно рассматривать как абсолютно черное тело, так как он не излучает в атмосферу теплоту, т.е. сохраняет её, если бы антифриз не рециркулировал. По закону Стефана-Больцмана

$$R_3 = \sigma T^4, \quad (10)$$

где R_3 – энергетическая светимость абсолютно черного тела, σ – постоянная Стефана-Больцмана, $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{К}^{-4}$. Величина T зависит от метеорологических условий. Кроме того, как уже указывалось, антифриз непрерывно циркулируя между бойлером и солнечным коллектором, будет отводить тепло из коллектора в бойлер. Задача состоит в том, чтобы организовать процесс рециркуляции так, чтобы «отводить» максимальное количество тепла из коллектора в бойлер в соответствии с текущими внешними условиями. Тот факт, что практически все тепло, получаемое инсоляцией в солнечный коллектор переходит в бак-аккумулятор, подтверждает возможность допущения гипотезы, что солнечный коллектор – абсолютно черное тело.

Рассмотрим процесс теплоотдачи, происходящий в бойлере. В бойлер поступает холодная вода с температурой $T_{хвс}$, а на выходе её температура становится равной T^6 . Нагрев воды в бойлере осуществляет спиралеобразный нагреватель, чрез который протекает антифриз (рис. 2).

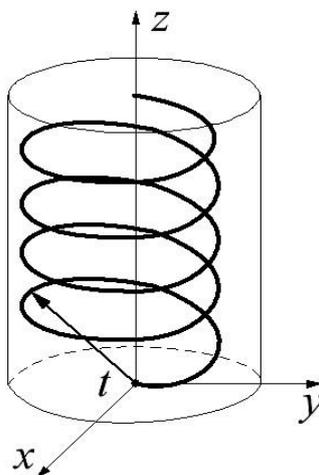


Рисунок 2 – Схематическое представление бака-аккумулятора

С достаточной точностью спираль можно представить как винтовую линию. Тогда, теплоотдача от спирали холодной воде будет равна

$$\Delta Q = \alpha^* S_{\text{сн}} \Delta \tau \Delta T, \quad (11)$$

где ΔQ – количество тепла, отданное нагревателем в виде винтовой линии с площадью поверхности $S_{\text{сн}}$ холодной воде, поступившей в бойлер за время $\Delta \tau$.

$$\Delta T = T_{\text{вк}}^6 - T_{\text{ХВС}}; \\ \alpha^* = 350 + 2100\sqrt{v^a}, \quad ([\alpha^*] = \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}); \quad (12)$$

где v^a – скорость поступления антифриза в бойлер, $[v^a] = \text{м/с}$ [3].

Пусть спираль имеет N витков в бойлере, а длина одного витка – l . Тогда длина всей спирали L будет равна:

$$L = Nl.$$

Длину витка можно найти следующим образом [4]:

$$l = \int_0^{2\pi} \sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2 + \dot{z}^2} dt, \quad (13)$$

где $\dot{x}, \dot{y}, \dot{z}$ – это производные ($\frac{dx}{dt}, \frac{dy}{dt}, \frac{dz}{dt}$ соответственно). При этом

$$\begin{cases} x = a \cdot \cos(t), \\ y = a \cdot \sin(t), \\ z = b \cdot t, \end{cases} \quad (14)$$

где a, b – параметры винтовой линии (спирали). Переходя к производным, получим:

$$\begin{cases} \dot{x} = -a \cdot \sin(t), \\ \dot{y} = a \cdot \cos(t), \\ \dot{z} = b. \end{cases} \quad (15)$$

С учетом (13), (14), (15) получим:

$$L = N \int_0^{2\pi} \sqrt{a^2 + b^2} dt = N\sqrt{a^2 + b^2} t|_0^{2\pi} = 2\pi N\sqrt{a^2 + b^2} \quad (16)$$

Площадь поверхности спирали, через которую происходит теплопередача, будет равна:

$$S_{\text{сн}} = \pi \delta \cdot 2\pi N\sqrt{a^2 + b^2} = 2\pi^2 \delta N\sqrt{a^2 + b^2}, \quad (17)$$

где δ – диаметр витка спирали.

Подставив выражение (17) в (11), можно найти количество тепла, отданное нагревателем за время $\Delta \tau$:

$$\Delta Q = (350 + 2100\sqrt{v^a}) 2\pi^2 \delta N\sqrt{a^2 + b^2} \Delta \tau (T_{\text{вк}}^6 - T_{\text{ХВС}}). \quad (18)$$

С другой стороны, количество тепла, полученное холодной водой в бойлере будет равно:

$$\Delta Q = c_{\text{в}} m_{\text{в}} (T^6 - T_{\text{ХВС}}), \quad (19)$$

где $c_{\text{в}}$ – удельная теплоемкость воды, $m_{\text{в}}$ – масса поступившей в бойлер воды, которая нагрета от температуры $T_{\text{ХВС}}$ до температуры T^6 , T^6 – температура воды в бойлере.

Из (18) и (19) следует:

$$(350 + 2100\sqrt{v}) \cdot 2\pi^2 \sigma \sqrt{a^2 + b^2} \cdot \Delta \tau \cdot (T_{\text{вк}}^a - T_{\text{вк}}^a) = c_{\text{в}} m_{\text{в}} (T^6 - T_{\text{ХВС}})$$

Поскольку $T^6 = T_{\text{гв}}$ (температура воды в бойлере по сути является температурой на выходе гелиоустановки),

$$(350 + 2100\sqrt{v}) \cdot 2\pi^2 \sigma \sqrt{a^2 + b^2} \cdot \Delta \tau \cdot (T_{\text{вк}}^a - T_{\text{вк}}^a) = c_{\text{в}} m_{\text{в}} (T_{\text{гв}} - T_{\text{ХВС}}) \quad (20)$$

Массу нагретой воды $m_{\text{в}}$ можно представить в виде произведения:

$$m_{\text{в}} = F_{\text{ХВС}} \Delta \tau,$$

т.е.

$$(350 + 2100\sqrt{v}) \cdot 2\pi^2 \sigma \sqrt{a^2 + b^2} \cdot \Delta \tau \cdot (T_{\text{вк}}^a - T_{\text{вк}}^a) = c_{\text{в}} F_{\text{ХВС}} \Delta \tau (T_{\text{гв}} - T_{\text{ХВС}})$$

или

$$T_{\text{гв}} = \frac{(350 + 2100\sqrt{v}) \cdot 2\pi^2 \sigma \sqrt{a^2 + b^2} \cdot (T_{\text{вк}}^a - T_{\text{вгвк}}^a)}{c_{\text{в}} F_{\text{ХВС}}} + T_{\text{ХВС}} \quad (21)$$

Таким образом, полученная зависимость связывает значение температуры на выходе гелиоустановки с расходом воды, скоростью поступления антифриза и разностью температур на входе и выходе аккумулятора. При разработке автоматических систем управления горячим водоснабжением, как правило, необходимо найти условия значения $T_{\text{ГВС}}$ – температуры горячей воды, поступающей непосредственно потребителю при максимальном использовании энергии бойлера. Из (21) следует, что $T_{\text{гв}}$ зависит от расхода холодной воды, поступающей в бойлер, её расхода и разности температур антифриза $T_{\text{вк}}^a - T_{\text{вгвк}}^a$, а $T_{\text{ГВС}}$ зависит, как известно, от температуры теплоносителя, поступающего от котельной $T_{\text{тн}}$ и $T_{\text{гв}}$. Для реализации этой ситуации необходимо учитывать пиковый режим работы теплоисточника, т.е. режим работы с переменной мощностью для обеспечения уровня потребляемой тепловой энергии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Виноградов И.М. Математическая энциклопедия. – М.: Советская энциклопедия, 1982. – Т. 3. – 1183 с.
2. Картавов С.А. Математические термины (справочник). – К.: Выща школа, 1988. – 295 с.
3. Кузьмичев В.Е. Законы и формулы физики (справочник). – К.: Наукова Думка, 1989. – 852 с.
4. Бронштейн И.Н., Семендаев К.А. Справочник по математике. – Лейпциг: Тойнберг. – М.: Наука, 1981. – 714 с.
5. Максименко И.Н. Автоматизация систем обеспечения заданной температуры с альтернативными источниками энергии: дис. ... канд. техн. наук. – Одесса, 2007. – 150 с.
6. Пискунов Н.С. Дифференциальное исчисление и интегральное исчисление. – М.: Наука, 1978. – Т. 2. – 575 с.

Белоусов Александр Владимирович

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород
Кандидат технических наук, доцент, начальник управления информатизации и коммуникаций
E-mail: ntk@intbel.ru

Глаголев Сергей Николаевич

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород
Доктор экономических наук, профессор, ректор
E-mail: rector@intbel.ru

Кошлич Юрий Алексеевич

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород
Аспирант кафедры технической кибернетики
E-mail: koshlich@yandex.ru

A.V. BELOUSOV (*Candidate of Engineering Science, Associate Professor, Head of the Department of Information and Communication*)

S.N. GLAGOLEV (*Doctor of Engineering Science, Professor, Rector*)

Yu.A. KOSHlich (*Post-graduate Student of the Department of Technical Cybernetics*)
Belgorod Shukhov State Technology University, Belgorod

**MATHEMATICAL SIMULATION OF HOT WATER SUPPLY SYSTEM BUILDINGS
WITH PEAK OF HEAT SOURCE BASED ON SOLAR POWER PLANT**

In the article discuss the question of building the upgraded mathematical model of the solar thermal hot water system on the basis of differential equations of heat balance. For the first time mathematical model include elements of the empirical research and geometrical configuration of system elements.

Keywords: solar water heater; solar panels, hot water supply; peak heat source; mathematical model.

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Vinogradov I.M. Matematicheskaya e'nciklopediya. – M.: Sovetskaya e'nciklopediya, 1982. – T. 3. – 1183 s.
2. Kartavov S.A. Matematicheskie terminy' (spravochnik). – K.: Vy'shha shkola, 1988. – 295 s.
3. Kuz'michyov V.E. Zakony' i formuly' fiziki (spravochnik). – K.: Naukova Dumka, 1989. – 852 s.
4. Bronshtejn I.N., Semendaev K.A. Spravochnik po matematike. – Lejpcig: Tojnberg. – M.: Nauka, 1981. – 714 s.
5. Maksimenk I.N. Avtomatizaciya sistem obespecheniya zadanoj temperatury' s al'ternativny'mi istochnikami e'nergii: dis. ... kand. texn. nauk. – Odessa, 2007. – 150 s.
6. Piskunov N.S. Dfferencial'noe ischislenie i integral'noe ischislenie. – M.: Nauka, 1978. – T. 2. – 575 s.

УДК 378.1

О.В. ОВЧИНКИН, А.И. ПЫХТИН,
С.Г. ЕМЕЛЬЯНОВ

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ПРИЕМА В ВУЗ НА ВТОРОЙ И ПОСЛЕДУЮЩИЕ КУРСЫ

В статье предложена функциональная модель процесса приёма в ВУЗ на второй и последующий курсы, охватывающая все возможные варианты пополнения контингента студентов, допустимых современным законодательством в области образования. Предложенная модель может быть использована для модификации структуры подразделений ВУЗа и разработки программного обеспечения для управления документооборотом в рамках рассматриваемого процесса.

Ключевые слова: функциональная модель; приём в ВУЗ на второй и последующие курсы.

Одним из процессов в рамках деятельности Приемной комиссии ВУЗа является процедура приема на второй и последующие курсы. Обычно этой процедуре уделяется меньшее внимание, чем к приему лиц на первый курс. Связано это с тем, что количество участников процесса приема на последующие курсы значительно меньше, чем число поступающих в ВУЗ впервые. В то же время процедура приема на 1 курс жестко регламентирована с нормативно-законодательной стороны. Действующие законы и приказы Минобрнауки России, определяющие требования к процессу приема на 2 и старшие курсы, дают большую свободу ВУзам, так как менее четки в формулировках. В то же время законодательная основа в данном случае содержит ряд противоречий, ее соблюдение на практике ставит перед Приемными комиссиями дополнительные трудности.

Понятие приема на 2 и последующие курсы по действующей нормативной базе [1] рассматривается только как зачисление в ВУЗ на 2 и последующие курсы лиц, имеющих диплом о высшем образовании любого уровня или документы о неоконченном высшем образовании (академическую справку или в настоящее время отмененный диплом о неполном высшем образовании). При этом прием осуществляется по результатам аттестационных испытаний на вакантные места, образовавшиеся в результате отчисления студентов, обучающихся за счет средств соответствующего бюджета на рассматриваемом курсе, семестре по указанной форме обучения. Тем не менее, такое обособление понятия приема на второй и последующие курсы невозможно, так как на те же самые вакансии могут претендовать лица, переводящиеся из другого ВУЗа, с другой специальности этого же ВУЗа, с внебюджетной основы обучения на бюджетную, а также лица, претендующие на восстановление после отчисления по уважительной причине. Все эти варианты в общем случае регламентируются разной нормативной базой, что усложняет процесс принятия решения.

Предлагается включить в понятие приема на 2 и последующие курсы любые предусмотренные нормативно-правовой базой варианты, по которым некоторое лицо сможет претендовать на занятие им имеющейся вакансии, образовавшейся после окончания процедуры приема на 1 курс на основании результатов ЕГЭ и вступительных испытаний, проводимых ВУЗами самостоятельно.

Классифицируем все такие варианты.

1. Непосредственно прием на 2 и последующие курсы по результатам аттестационных испытаний, форма и перечень которых определяется ВУЗом. Регламентируется «Порядком приема граждан в образовательные учреждения высшего профессионального образования» [1]. Решение о рекомендации к зачислению принимается Приемной комиссией ВУЗа.

2. Перевод студентов с одной образовательной программы на другую, в том числе из другого ВУЗа. Осуществляется на основании аттестации, форма проведения которой определяется ВУЗом [2]. Решение о рекомендации к зачислению принимается в соответствии с правилами, устанавливаемыми ВУЗом самостоятельно. Имеется интересное противоречие: при наличии в ВУЗе мест на соответствующем курсе обучения по интересующей студента основной образовательной программе, финансируемых из соответствующего бюджета, ВУЗ не вправе предлагать студенту, получающему высшее профессиональное образование впервые, переводиться на места с оплатой юридическими и (или) физическими лицами на договорной основе. Т.е. это своего рода «лазейка» для студентов, благодаря которой можно перевестись с платной основы обучения на бюджетную или с менее престижной специальности (ВУЗа) на более востребованное направление.

3. Перевод студентов с внебюджетной основы обучения на обучение за счет средств соответствующего бюджета. Осуществляется по решению Ученого совета учебного заведения в соответствии с Уставом при хорошей и отличной успеваемости студента или в случае значительного ухудшения материального положения в семье.

4. Восстановление ранее отчисленных по уважительной причине студентов. Осуществляется в соответствии с Уставом ВУЗа.

5. Прием в магистратуру также можно рассматривать как разновидность приема на второй и последующие курсы, так как прием осуществляется по результатам вступительных испытаний, форма и перечень которых определяется ВУЗом самостоятельно [1].

Важность управления процессом приема на 2 и последующие курсы подчеркивается и переходом с 2012 года на подушевое финансирование ВУЗов. Наличие вакансий в таком случае приводит к уменьшению выделяемых ВУЗу средств субсидии в соответствии с установленными Минобрнауки России нормативами. Т.е. для любого ВУЗа наличие бюджетных вакансий экономически невыгодно, их необходимо заполнить и по возможности лучшими претендентами. Для этого необходимо накапливать информацию о потенциальных кандидатах для перевода на случай возникновения вакансий, для чего следует создавать соответствующее программное обеспечение.

Построим функциональную модель данной предметной области с использованием нотаций IDEF0 и IDEF3 [3], в которой отражены структура процесса приема на второй и последующий курсы. Процедура приёма на второй и последующий курсы состоит из совокупности логически завершённых этапов (рис. 1):

- 1) появление вакансии;
- 2) отбор потенциальных кандидатов;
- 3) подготовка документов претендентов;
- 4) проведение испытаний;
- 5) построение рейтинг-списков;
- 6) рассмотрение заявлений приёмной комиссией;

составление отчетных документов и подготовка приказов о движении контингента.

Ниже каждой блок предложенной модели будет рассмотрен более подробно.

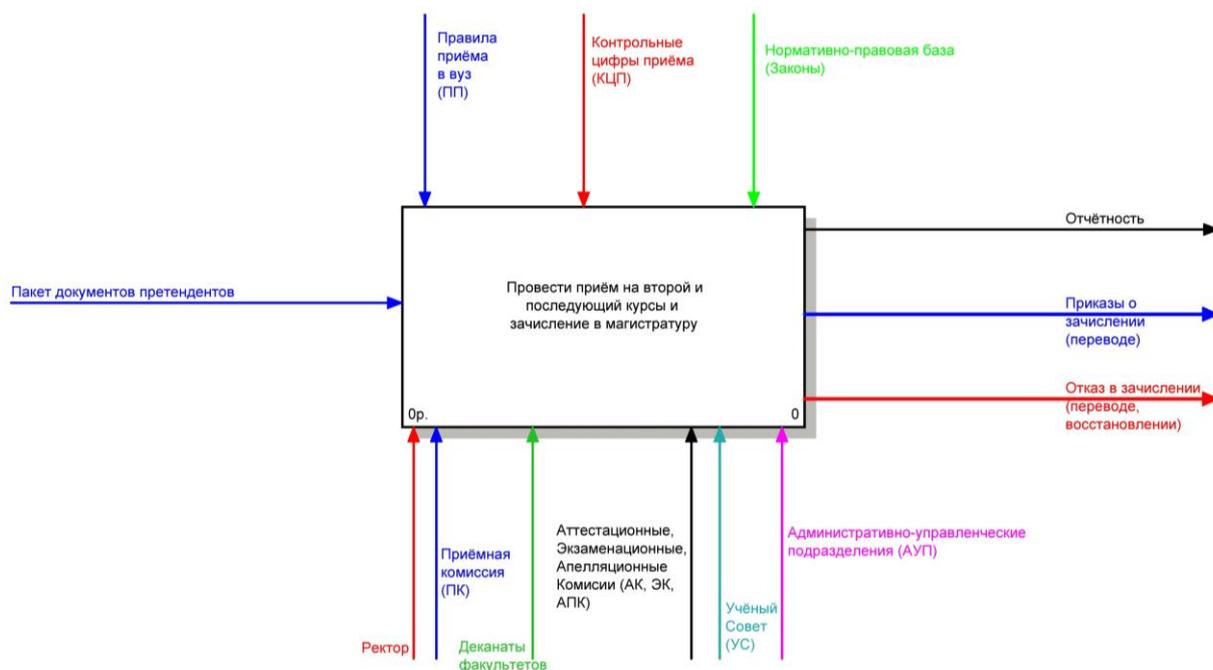


Рисунок 1 – Уровень А-0 функциональной модели процесса

Декомпозиция уровня А-0 модели представлена на рисунке 2.

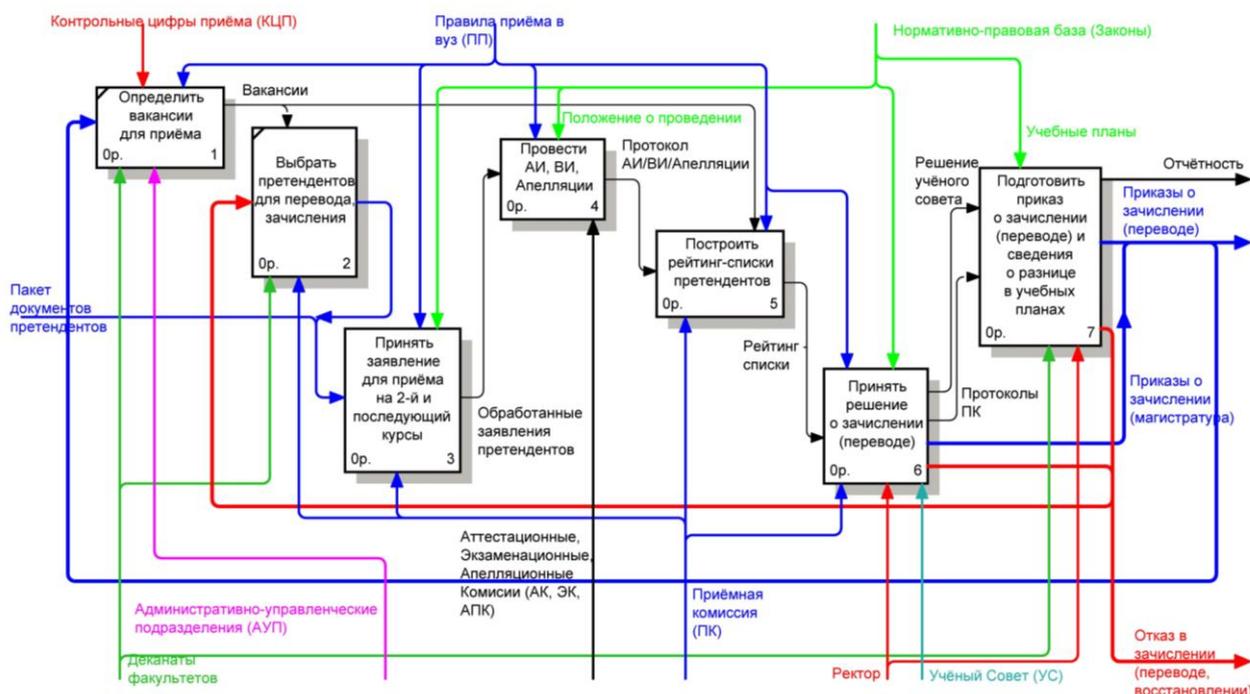


Рисунок 2 – Уровень А-0 декомпозиция функциональной модели процесса

Блок 1 – «Определить вакансии для приёма». Любой ВУЗ в России может вести прием на места, финансируемые за счет средств бюджета (федерального или муниципального), или на места с полным возмещением затрат на обучение (внебюджетные места). Количество бюджетных мест для приема на 1 курс, как правило, определяется по итогам конкурса, проводимого Минобрнауки России или другими ведомствами. Количество бюджетных мест для приема обучающихся на второй и последующие курсы по направлению подготовки или специальности определяется ВУЗом как разница между бюджетными местами для приема на первый курс по данному направлению подготовки или специальности соответствующего года приема и фактическим количеством студентов, обучающихся по направлению

подготовки или специальности соответствующего курса [1]. Соответственно, количество вакансий на втором и последующих курсах обычно определяется деканатами или отдельными административно-управленческими подразделениями ВУЗа с помощью автоматизированной информационной системы.

Корректное определение точного числа вакансий само по себе является немаловажной технической задачей, решение которой зависит от процесса движения контингента студентов с курса на курс. Сложность задачи связана, например, с тем, что в конкретный момент времени, на который осуществляется определение числа вакансий, часть студентов могут быть переведены на следующий курс, а часть – еще нет из-за наличия академических задолженностей. Также важным моментом является синхронность действий подразделений ВУЗа в момент расчета вакансий. Например, может сложиться такая ситуация, что Приемной комиссией принято решение о переводе, на основании этого решения подготовлен приказ, но приказ еще не подписан и, следовательно, не учтен при формировании списка вакансий. Если будет принято еще одно решение о переводе, то в результате прохождения 2-х приказов может возникнуть перебор, являющийся в данном случае нарушением законодательства. Чтобы избежать этой проблемы необходимо при подсчете вакансий учитывать не только информацию, содержащуюся в приказах о движениях контингента, но и информацию, полученную по результатам принятия решений коллегиальными органами ВУЗа. Проще всего сосредоточить эти сведения в рамках информационной системы Приемной комиссии ВУЗа.

В соответствии с современными требованиями об открытости процесса приема в ВУЗ, информация о количестве вакансий должна периодически доводиться до потенциальных претендентов путем размещения на официальном сайте ВУЗа и с помощью других информационных средств Приемной комиссии.

Блок 2 – «Выбрать претендентов для перевода, зачисления». Деканаты и административно-управленческие подразделения в случае, если количество вакансий больше, чем число поданных заявлений для зачисления или перевода, могут отобрать потенциальных кандидатов для зачисления на вакантные места. Для этого можно использовать специальный программный модуль в рамках автоматизированной информационной системы ВУЗа или Приемной комиссии, который осуществляет накопление информации о претендентах на перевод.

Блок 3 – «Принять заявления для приёма на 2-й и последующие курсы». Претенденты должны собрать и предоставить сотрудникам Приёмной комиссии пакет документов, содержащий заявление, копию зачетной книжки, прочие документы для определенных ситуаций (например, справка ВТЭК для льготных категорий). Поданные заявления классифицируются по принципу перевода (внутренний перевод; внешний перевод или зачисление; перевод с внебюджетной основы обучения на бюджетную и т.д.). Информация о претендентах заносится в базу данных Приемной комиссии для последующей обработки. Современные условия жесткой конкуренции между ВУЗами требуют реализации возможности подачи заявления в электронно-цифровой форме, что, например, реализовано в Юго-Западном государственном университете [4] и других крупных ВУЗах.

В заявлениях претендентов в обязательном порядке должна быть предусмотрена возможность множественного указания специальностей (направлений подготовки), которые рекомендуется упорядочить в соответствии с приоритетами [5]. Сведения обо всех поданных заявлениях в обязательном порядке необходимо выгрузить в федеральную информационную систему обеспечения проведения единого государственного экзамена и приема граждан в образовательные учреждения среднего профессионального образования и образовательные учреждения высшего профессионального образования (ФИС ЕГЭ и приема) [6].

Блок 4 – «Провести АИ, ВИ, апелляции». На основании заявлений в соответствии с утвержденным расписанием проводятся аттестационные испытания (или вступительные испытания в магистратуру). Форма и содержание аттестационных испытаний

разрабатывается и утверждается соответствующими комиссиями. После проведения испытаний экзаменационная комиссия проводит показ работ, на котором претендент может ознакомиться со своей работой, правильностью ее оценивания. Если претенденты не согласны с полученной оценкой на аттестационном или вступительном испытании, то проводится апелляция, в ходе которой оценка может быть изменена.

Отметим, что цель проведения аттестационных испытаний или вступительных испытаний в магистратуру должна отличаться от цели проведения вступительных испытаний для приема на 1 курс по программам подготовки специалистов или бакалавров. По результатам вступительных испытаний в ВУЗ попадает человек, не имевший опыта учебы в высшей школе. Вступительные испытания оценивают его знания на фоне других абитуриентов. В настоящее время в России большинство вступительных испытаний проводится в форме ЕГЭ, поэтому любой ВУЗ просто заинтересован отобрать студентов с наибольшими баллами, что учитывается в различных, в том числе и министерских, рейтингах. При приеме на 2-ой и последующие курсы можно поставить другую цель – отобрать лиц, наиболее подготовленных к освоению дальнейшей программы обучения, т.е. тех, кто сможет без проблем завершить обучение на новом месте, выдержать сторонний контроль знаний (например, тестирование, проводимое при аккредитации ВУЗов). Очевидно, что при таком подходе наиболее подготовленными можно считать лиц, обучающихся только на «хорошо» и «отлично» в течение нескольких семестров подряд на договорной (внебюджетной) основе и претендующих на перевод для обучения за счет средств бюджета по той же специальности. Это связано с тем, что в случае перевода претенденту не придется ликвидировать разницу учебных планов, акклиматизироваться в новом коллективе (как студенческом, так и преподавательском).

Блок 5 – «Построить рейтинг-списки». Рассмотрим этот блок более подробно, детализировав его IDEF3-моделью (рис. 3).

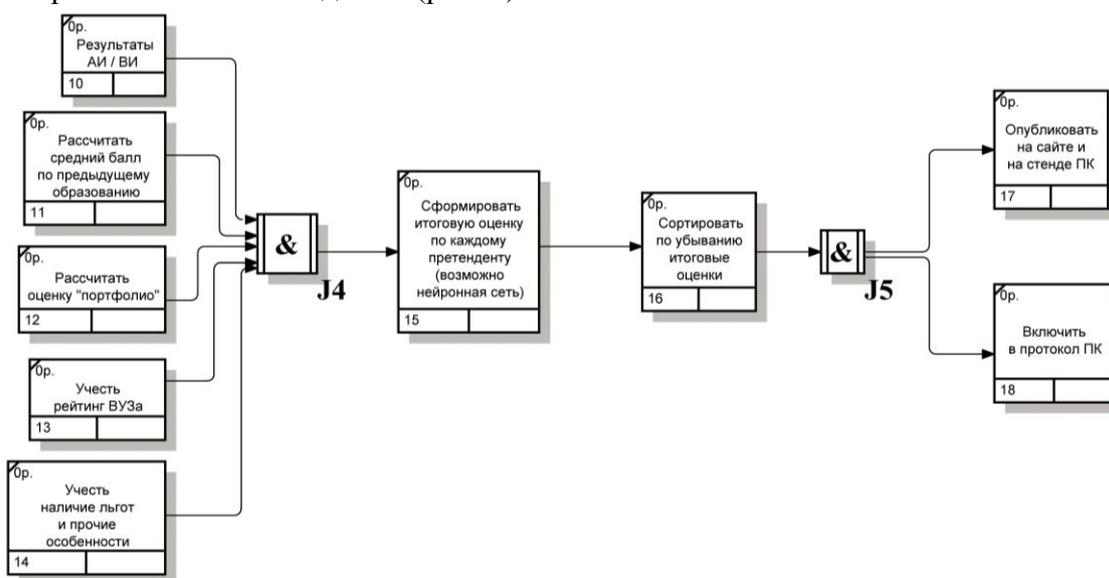


Рисунок 3 – Уровень А-5.1 декомпозиция функционального блока модели процесса построения рейтинг-списков

После получения результатов аттестационных испытаний осуществляется ранжирование кандидатов на перевод или зачисление по убыванию значения некоторой оценочной функции, значение которой рассчитывается для каждого претендента. Обычно в качестве оценочной функции используются только результаты аттестационных (или вступительных) испытаний, что приводит к противоречивым результатам, например, к необоснованному несоответствию результатов испытаний и среднего балла по диплому кандидата [7].

Значение оценочной функции должно представлять собой интегральную характеристику, позволяющую обобщить не только оценку аттестационного испытания, но и успеваемость претендента, его достижения в образовательной, научной, спортивной, творческой деятельности («портфолио»), рейтинг ВУЗа, из которого переводится студент, готовность выдержать сторонний контроль знаний и т.д. Для расчета значения оценочной функции предлагаем использовать подход, приведенный в [8], или же использовать для этой цели специально спроектированную нейронную сеть, решающую задачу обобщения или аппроксимации. К подобному подходу в упрощенной форме стремится в настоящее время и Минобрнауки России, предлагая учитывать средний балл аттестата и «портфолио» школьников при приеме на 1 курс [9].

В результате получается рейтинг-список лиц, успешно сдавших аттестационные испытания с учетом наличия льгот и преимущественных прав поступающих. Поданные заявления распределяются в соответствии с предполагаемой основой, формой и направлением подготовки (специальностью) дальнейшего обучения.

В обязательном порядке обеспечивается прозрачность и открытость полученных рейтинг-списков (например, публикация в сети Интернет).

Блок 6 – «Принять решение о зачислении (переводе)». На данном этапе происходит анализ рейтинг-списков претендентов и выносится решение Приемной комиссии о рекомендации к зачислению или к переводу. В простейшем случае Приемная комиссия рекомендует к зачислению верхнюю часть списка претендентов в количестве, равном числу вакансий по соответствующему направлению подготовки (специальности), курсу и форме обучения. Ситуация усложняется, если один претендент фигурирует в нескольких списках. В таком случае необходимо использовать специальный алгоритм и программное обеспечение [8] для того, чтобы получить итоговый список рекомендованных. В случае перевода претендента с внебюджетной основы на бюджетную необходимо дополнительно вынести решение о переводе на заседании Ученого совета ВУЗа, которое может быть принято в кратчайшие сроки, если все необходимые документы уже подготовлены на заседании Приемной комиссии.

Блок 7 – «Подготовить приказ о зачислении (переводе) и сведения о разнице в учебных планах». Приемная комиссия или деканат факультета формирует приказ о зачислении на вакантные места лиц, успешно выдержавших аттестационные испытания и получивших положительное решение на заседании Приемной комиссии к зачислению. В некоторых ситуациях издание приказа откладывается до получения от претендента дополнительных документов (например, при переводе из другого ВУЗа необходимо выдать студенту справку о решении Приемной комиссии, дождаться отчисления указанного студента из другого ВУЗа в связи с переводом и предоставления студентом академической справки и оригинала документа о предыдущем образовании). В приказ о переводе (зачислении) включается информация о разнице в учебных планах и сроках ее ликвидации студентом. Отметим, что разница в учебных планах отсутствует в случае приема в магистратуру, а также при переводе студентов с внебюджетной основы обучения на бюджетную по тому же направлению подготовки (специальности).

Все претенденты, которым было отказано в переводе, при необходимости вносятся в список кандидатов для заполнения потенциальных вакансий в будущем. Эта обратная связь является отличительной особенностью рассматриваемой модели. Издание приказов о зачислении (переводе) также является обратной связью, которая влияет на процесс определения вакансий для приема (уменьшает количество вакансий).

После издания приказов в обязательном порядке необходимо осуществить экспорт информации о принятых студентах в ФИС ЕГЭ и приема, для чего необходимо создание специализированного программного модуля [10].

Таким образом, на основе анализа нормативно-правовой базы по приему в ВУЗ на второй и последующие курсы предложена функциональная модель данного процесса.

Существенным отличием данной модели является то, что в ее структуре объединены и стандартизированы все возможные случаи пополнения контингента обучающихся, выявлен функциональный блок и обратная связь, соответствующая накоплению сведений о потенциальных кандидатурах для заполнения вакансий. Предложенная модель может быть рекомендована для модификации организационной структуры ВУЗа и построения автоматизированных информационных систем для управления документооборотом процесса приема в ВУЗ на второй и последующие курсы. На основании указанной модели разработано программное обеспечение, внедренное в Юго-Западном государственном университете [11].

Примечание: данная работа выполнена в рамках государственного задания ЮЗГУ на 2013 год в части проведения научно-исследовательских работ, проект 8.8356.2013 «Модели, алгоритмы и программное обеспечение для управления процессом переводов и зачисления в ВУЗ на второй и последующие курсы».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации (Минобрнауки России) от 28 декабря 2011 г. № 2895 г. Москва «Об утверждении Порядка приема граждан в образовательные учреждения высшего профессионального образования» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.rg.ru/2012/01/27/poryadok-dok.html>.
2. Приказ Минобрнауки РФ от 24 февраля 1998 г. № 501 «Об утверждении Порядка перевода студентов из одного высшего учебного заведения Российской Федерации в другое» [Электронный ресурс]. – URL: <http://base.garant.ru/178546/>.
3. ГОСТ РД IDEF0-2000. Методология функционального моделирования IDEF0. – М.: Изд-во стандартов, 2000. – 75 с.
4. Web-приложение для приема заявлений для зачисления или перевода на второй и последующие курсы: а. с. 2013611173 Российская Федерация: Роспатент / О.В. Овчинкин, А.И. Пыхтин. – № 2013611173; заявл. 14.12.2012; опубл. 09.01.2013.
5. Овчинкин О.В. Особенности использования множества упорядоченных по приоритету направлений подготовки в заявлении претендентов при проведении конкурсного отбора для зачисления в ВУЗ на второй и последующие курсы / О.В. Овчинкин, А.И. Пыхтин // (материалы доклада) Информационно-коммуникационное пространство и человек: материалы III междунар. науч.-практ. конф. (Прага, 15-16 апреля 2013 г.) – Прага: Vedecko vydavatelske centrum «Sociosfera-CZ», 2013. – 174 с. – С. 137-139. – ISBN 978-80-87786-30-7.
6. Постановление Правительства Российской Федерации от 27 января 2012 года № 36 «Об утверждении правил формирования и ведения федеральной информационной системы обеспечения проведения единого государственного экзамена и приема граждан в образовательные учреждения среднего профессионального образования и образовательные учреждения высшего профессионального образования и региональных информационных систем обеспечения проведения единого государственного экзамена» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.rg.ru/2012/02/06/obrazovanie-dok.html>.
7. Овчинкин О.В. Анализ результатов оценивания аттестационных испытаний при переводе и зачислении на второй и последующие курсы // Материалы 9-ой международной научно-практической конференции. «Новейшие достижения европейской науки». Педагогические науки (Болгария, София, 17-25 июня 2013). – София: «Бял ГРАД-БГ», 2013. – Том 10. – С. 13-15, 72 с.
8. Пыхтин А.И. Метод и алгоритм решения задачи конкурсного отбора и зачисления в ВУЗ / А.И. Пыхтин, Е.А. Спиринов, И.С. Захаров // Телекоммуникации. – М., 2008. – № 5. – С. 12-19.
9. Ведомственный приказ «Об утверждении Порядка приема граждан на обучение по программам бакалавриата, программам специалитета и программам магистратуры» [Электронный ресурс]. – URL: http://regulation.gov.ru/project/5878.html?point=view_project&stage=2&stage_id=2932.

10. Программа для экспорта сведений в федеральную информационную систему обеспечения ЕГЭ и приема о лицах, подавших заявления при поступлении, переводах и зачислении на второй и последующие курсы в ВУЗ: а. с. 2013614040 Российская Федерация. Роспатент / О.В. Овчинкин, А.И. Пыхтин, Д.С. Дорохов. – № 2013614040; заявл. 07.03.2013; опубл. 23.04.2013.
11. Программа для управления документооборотом и поддержки принятых решений при приеме граждан на второй и последующие курсы: а. с. 2013611295 Российская Федерация. Роспатент / О.В. Овчинкин, А.И. Пыхтин. – № 2013611295; заявл. 13.12.2012; опубл. 09.01.2013.

Овчинкин Олег Викторович

Юго-Западный государственный университет, г. Курск
Аспирант
E-mail: ovchinkin_o_v@mail.ru

Пыхтин Алексей Иванович

Юго-Западный государственный университет, г. Курск
Кандидат технических наук, начальник отдела методического и информационно-технического обеспечения работы приёмной комиссии
E-mail: swsu.ee@gmail.com

Емельянов Сергей Геннадьевич

Юго-Западный государственный университет, г. Курск
Доктор технических наук, ректор
E-mail: rector@swsu.ru

O.V. OVChINKIN (*Post-graduate Student*)

A.I. PY'XTIN (*Candidate of Engineering Science, Head of the Methodology and Information Technology Support of the Selection Committee*)

S.G. EMEL'YaNOV (*Doctor of Engineering Science, Rector*)
Southwest State University, Kursk

FUNCTIONAL PROCESS MODEL OF ADMISSION IN HIGHER EDUCATION ESTABLISHMENT ON SECOND AND SUBSEQUENT COURSES

The paper proposes a functional model of the process of admission to college for the second and subsequent years, covering all possible supplement the students, allowed modern legislation in the field of education. The proposed model can be used to modify the structure of the departments of the university and the development of software for document management within the framework of the process.

Keywords: *functional model; admission to the second and subsequent.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Prikaz Ministerstva obrazovaniya i nauki Rossijskoj Federacii (Minobrnauki Rossii) ot 28 dekabrya 2011 g. № 2895 g. Moskva «Ob utverzhdenii Poryadka priyoma grazhdan v obrazovatel'ny'e uchrezhdeniya vy'sshego professional'nogo obrazovaniya» [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.rg.ru/2012/01/27/poryadok-dok.html>.
2. Prikaz Minobrazovaniya RF ot 24 fevralya 1998 g. № 501 «Ob utverzhdenii Poryadka perevoda studentov iz odnogo vy'sshego uchebnogo zavedeniya Rossijskoj Federacii v drugoe» [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://base.garant.ru/178546/>.
3. GOST RD IDEF0-2000. Metodologiya funkcional'nogo modelirovaniya IDEF0. – M.: Izd-vo standartov, 2000. – 75 s.
4. Web-prilozhenie dlya priyoma zayavlenij dlya zachisleniya ili perevoda na vtoroj i posleduyushhie kursy': а. с. 2013611173 Rossijskaya Federaciya: Rospatent / O.V. Ovchinkin, A.I. Py'xtin. – № 2013611173; заявл. 14.12.2012; опубл. 09.01.2013.

5. Ovchinkin O.V. Osobennosti ispol'zovaniya mnozhestva uporyadochenny'x po prioritetu napravlenij podgotovki v zayavlenii pretendentov pri provedenii konkursnogo otbora dlya zachisleniya v VUZ na vtoroj i posleduyushhie kursy' // O.V. Ovchinkin, A.I. Py'xtin // (materialy' doklada) Informacionno-kommunikacionnoe prostranstvo i chelovek: materialy' III mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (Praga, 15-16 aprelya 2013 г.) – Praga: Vedecko vydavatel'ske centrum «Sociosfera-CZ», 2013. – 174 s. – S. 137-139. – ISBN 978-80-87786-30-7.
6. Postanovlenie Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 27 yanvarya 2012 goda № 36 «Ob utverzhdenii pravil formirovaniya i vedeniya federal'noj informacinoj sistemy' obespecheniya provedeniya edinogo gosudarstvennogo e'kzamina i priyoma grazhdan v obrazovatel'ny'e uchrezhdeniya srednego professional'nogo obrazovaniya i obrazovatel'ny'e uchrezhdeniya vy'sshego professional'nogo obrazovaniya i regional'ny'x informacionny'x sistem obespecheniya provedeniya edinogo gosudarstvennogo e'kzamina » [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.rg.ru/2012/02/06/obrazovanie-dok.html>.
7. Ovchinkin O.V. Analiz rezul'tatov ocenivaniya attestacionny'x ispy'tanij pri perevode i zachislenii na vtoroj i posleduyushhie kursy' // Materialy' 9-oj mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. «Novejshie dpstizheniya evropejskoj nauki». Pedagogicheskie nauki (Bolgariya, Sofiya, 17-25 iyunya 2013). – Sofiya: «Byal GRAD-BG», 2013. – Tom 10. – S. 13-15, 72 s.
8. Py'xtin A.I. Metod i algoritm rezheniya zadachi konkursnogo otbora i zachisleniya v VUZ / A.I. Py'xtin, E.A. Spirin, I.S. Zaxarov // Telekommunikacii. – M., 2008. – № 5. – S. 12-19.
9. Vedomstvenny'j prikaz «Ob utverzhdenii Poryadka priyoma grazhdan na obuchenie po programmam bakalavriata, programmam specialiteta i programmam magistratury'» [E'lektronny'j resurs]. – URL: http://regulation.gov.ru/project/5878.html?point=view_project&stage=2&stage_id=2932.
10. Programma dlya e'ksporta svedenij v federal'nyu informacionnyu sistemu obespecheniya EGE' i priyoma o liczax, podavshix zayavleniya pri postuplenii, perevodax i zachislenii na vtoroj i posleduyushhie kursy' v VUZ: a. s. 2013614040 Rossijskaya Federaciya: Rospatent / O.V. Ovchinkin, A.I. Py'xtin, D.S. Doroxov. – № 2013614040; zayavl. 07.03.2013; opubl. 23.04.2013.
11. Programma dlya upravleniya dokumentooborotom i podderzhki prinyatij reshenij pri priyome grazhdan na vtoroj i posleduyushhie kursy': a. s. 2013611295 Rossijskaya Federaciya: Rospatent / O.V. Ovchinkin, A.I. Py'xtin. – № 2013611295; zayavl. 13.12.2012; opubl. 09.01.2013.

УДК 621.314

Н.Г. ПЕНЬКОВ

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ ИМПУЛЬСНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

В статье проведено сравнение различных методов оценки устойчивости импульсных преобразователей. Рассмотрены точный метод точечных отображений и приближенный метод усреднения и линеаризации. Приведены выражения для расчета устойчивости. Произведен расчет устойчивости повышающего и понижающего импульсных преобразователей с различными параметрами, анализ и сравнение полученных результатов.

Ключевые слова: алгоритм; импульсный преобразователь; метод усреднения и линеаризации; метод точечных отображений; устойчивость; критерий устойчивости Найквиста; параметры.

В современном мире техники с ее тенденцией к миниатюризации и экономичности импульсные источники питания получили широкое распространение практически во всех сферах жизнедеятельности [4]. Наиболее широко применяются импульсные преобразователи напряжения (ИПН) с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ) понижающего и повышающего типа. Однако сложность нелинейной модели импульсного преобразователя делает анализ его работы и устойчивости в автоматической системе стабилизации напряжения крайне затруднительным. Существует два основных метода для оценки устойчивости импульсных преобразователей: метод точечных отображений, основанный на формировании и расчете собственных значений матрицы Якоби, и метод усреднения и линеаризации, основанный на получении и исследовании так называемой малосигнальной модели преобразователя. В статье представлены результаты оценки устойчивости понижающего и повышающего импульсных преобразователей постоянного напряжения двумя методами, а также была сделана попытка сравнения двух методов и оценки степени влияния входных параметров, которые могут изменяться в процессе эксплуатации импульсных преобразователей на их устойчивость.

Основными параметрами, которые могут в широких пределах изменяться в условиях эксплуатации импульсных преобразователей, являются входное напряжение (V_g) и сопротивление нагрузки (R), поэтому именно эти два параметра были выбраны для варьирования при исследовании зависимости устойчивости импульсных преобразователей от изменения входных параметров, также учитывался коэффициент усиления П-регулятора.

На рисунках 1 и 2 представлены схемы исследуемых понижающего и повышающего преобразователей с временными диаграммами зависимости напряжения на емкости от тока дросселя, где V_g – входное напряжение, r_L – сопротивление дросселя, i_L – ток дросселя, β – коэффициент передачи датчика выходного напряжения, α – коэффициент усиления П-регулятора, R – сопротивление нагрузки, f_c – частота среза LC-фильтра, f_d – частота дискретизации.

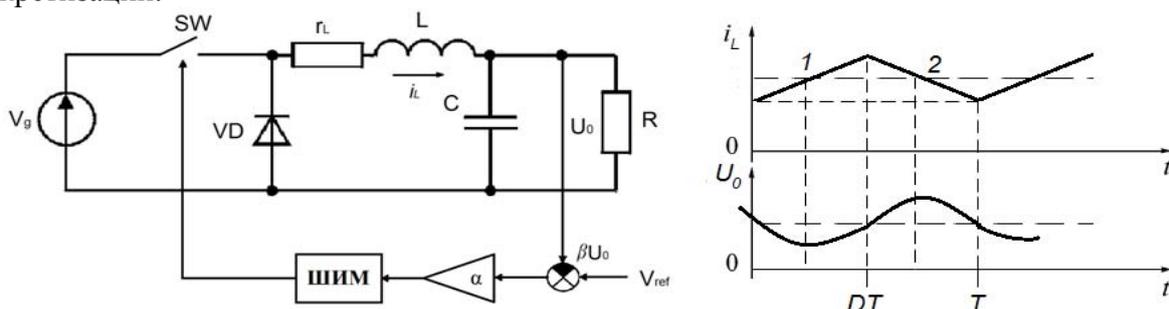


Рисунок 1 – Схема исследуемого понижающего преобразователя

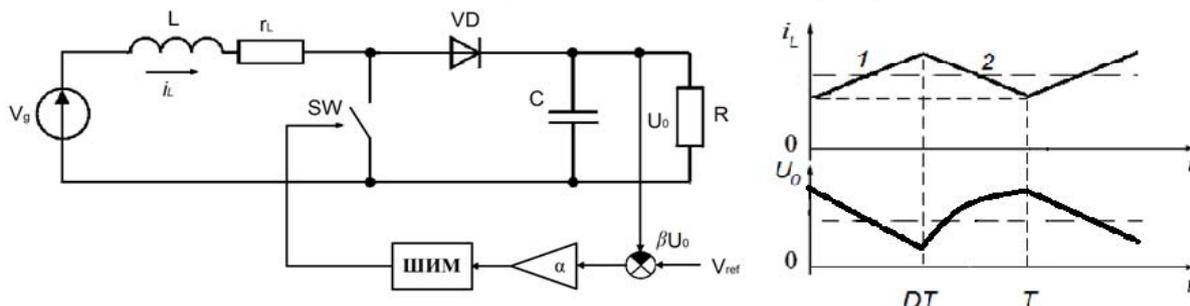


Рисунок 2 – Схема исследуемого повышающего преобразователя

Модель в переменных состояния имеет 2 конфигурации (1 и 2 на рис.1 и 2) [1]:

1) SW=1(проводит), VD=0 (заперт), $0 \leq t < DT$. Конфигурация 1 описывается

неоднородным линейным дифференциальным уравнением

$$\frac{dX}{dt} = A_1 X + B_1. \quad (1)$$

2) SW=0, VD=1 (проводит), $DT \leq t < T$. Конфигурация 2 описывается неоднородным

линейным дифференциальным уравнением

$$\frac{dX}{dt} = A_0 X + B_0. \quad (2)$$

Остальные параметры моделей представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры моделей в переменных состояния

Параметры модели в переменных состояния	Тип импульсного преобразователя			
	Понижающий		Повышающий	
	Конфигурация 1	Конфигурация 2	Конфигурация 1	Конфигурация 2
Вектор переменных состояния	$X = (i_L, u_0)^T$			
Система дифференциальных уравнений	$\begin{cases} \frac{di_L}{dt} = -\frac{1}{L}u_0 + \frac{V_g}{L} - \frac{r_L}{L}i_L; \\ \frac{du_0}{dt} = \frac{i_L}{C} - \frac{1}{RC}u_0; \end{cases}$	$\begin{cases} \frac{di_L}{dt} = -\frac{1}{L}u_0 - \frac{r_L}{L}i_L; \\ \frac{du_0}{dt} = \frac{i_L}{C} - \frac{1}{RC}u_0; \end{cases}$	$\begin{cases} \frac{di_L}{dt} = \frac{V_g}{L} - \frac{r_L}{L}i_L; \\ \frac{du_0}{dt} = -\frac{1}{RC}u_0; \end{cases}$	$\begin{cases} \frac{di_L}{dt} = -\frac{1}{L}u_0 + \frac{V_g}{L} - \frac{r_L}{L}i_L; \\ \frac{du_0}{dt} = \frac{i_L}{C} - \frac{1}{RC}u_0; \end{cases}$
Матрица параметров схемы	$A_1 = \begin{pmatrix} -\frac{r_L}{L} & -\frac{1}{L} \\ \frac{1}{C} & -\frac{1}{RC} \end{pmatrix}$	$A_0 = \begin{pmatrix} -\frac{r_L}{L} & -\frac{1}{L} \\ \frac{1}{C} & -\frac{1}{RC} \end{pmatrix}$	$A_1 = \begin{pmatrix} -\frac{r_L}{L} & 0 \\ 0 & -\frac{1}{RC} \end{pmatrix}$	$A_0 = \begin{pmatrix} -\frac{r_L}{L} & -\frac{1}{L} \\ \frac{1}{C} & -\frac{1}{RC} \end{pmatrix}$
Матрица параметров входного воздействия	$B_1 = \begin{pmatrix} \frac{V_g}{L} \\ 0 \end{pmatrix}$	$B_0 = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$	$B_1 = \begin{pmatrix} \frac{V_g}{L} \\ 0 \end{pmatrix}$	$B_0 = \begin{pmatrix} \frac{V_g}{L} \\ 0 \end{pmatrix}$

Принятые допущения: все элементы идеальные, кроме дросселя (имеет сопротивление r_L). Расчеты производятся в режиме непрерывного тока дросселя. Используется ШИМ 1-го рода с цифровой модуляцией.

МЕТОД ТОЧЕЧНЫХ ОТОБРАЖЕНИЙ

Решение (1) имеет вид:

$$X(t) = e^{A_1(t-t_0)}(X(t_0) + A_1^{-1}B_1) - A_1^{-1}B_1. \quad (3)$$

Здесь t_0 и $X(t_0)$ – начальные условия.

Аналогично решение (2) имеет вид

$$X(t) = e^{A_0(t-t_0)}(X(t_0) + A_0^{-1}B_0) - A_0^{-1}B_0. \quad (4)$$

Полагая, что траектория установившегося процесса в интервале $kT \leq t < DT + kt$ есть уравнение (3), а в интервале $kT + DT \leq t < (k+1)T$ – уравнение (4), сформируем точное отображение (отображение сдвига) вида

$$X((k+1)T) = e^{A_0(1-D)T}(e^{A_1DT}(X(kT) + A_1^{-1}B_1) - A_1^{-1}B_1 + A_0^{-1}B_0) - A_0^{-1}B_0 \quad (5)$$

Отображение (5) преобразует вектор X через один (k -тый) период модуляции $t \in [kT, (k+1)T]$.

Неизвестной величиной в (5) является относительная длительность проводящего состояния ключа $SW - D$, которая может быть найдена из уравнения управления:

$$\alpha(-C^T(X(kT) + V_{ref}) - U_{comp}D) = 0. \quad (6)$$

Здесь $C^T = (0, \beta)$ – вектор-строка обратной связи; α – коэффициент усиления П-регулятора; U_{comp} – амплитуда опорного пилообразного напряжения ШИМ [2].

Уравнения (5) и (6) совместно образуют отображение сдвига вида

$$\begin{cases} X_{k+1} = F(X_k, D), \\ \xi(X_k, D) = 0. \end{cases} \quad (7)$$

Определение установившегося процесса производится из условия

$$X_k = X_{k+1} = X^*, D = D^*.$$

Оценка устойчивости установившегося процесса по Ляпунову может быть выполнена через анализ собственных чисел матрицы Якоби [2]:

$$J = \left(\frac{\partial F}{\partial X_k} - \frac{\partial F}{\partial D} \left(\frac{\partial \xi}{\partial D} \right)^{-1} \frac{\partial \xi}{\partial X_k} \right) \Bigg|_{\substack{X_k = X^* \\ D = D^*}}$$

$$\frac{\partial F}{\partial X_k} = e^{A_0(1-D)T} \cdot e^{A_1DT}; \quad \frac{\partial \xi}{\partial D} = -U_{comp}; \quad \frac{\partial \xi}{\partial X_k} = -\alpha C^T;$$

$$\frac{\partial F}{\partial D} = e^{A_0(1-D^*)T} \cdot e^{A_1D^*T} (A_1 - A_0)T(X^* + A_1^{-1}B_1) + e^{A_0(1-D^*)T} \cdot A_0T (A_1^{-1}B_1 - A_0^{-1}B_0);$$

Собственные числа матрицы Якоби устойчивого стационарного процесса удовлетворяют условию $|\rho_i| < 1, i = 1, 2$, если условие не выполняется, то процесс не устойчивый [2].

МЕТОД УСРЕДНЕНИЯ И ЛИНЕАРИЗАЦИИ

Рассмотрим T -периодический стационарный процесс импульсного преобразователя напряжения постоянного тока. Определим относительную длительность конфигурации «1» ($SW=1$) через d . Тогда усреднение фазового потока для математической модели силовой части ИПН может быть выполнено в соответствии с выражением (8)

$$\frac{d\hat{X}}{dt} = \hat{A}\hat{X} + \hat{B}, \hat{y} = \hat{C}'\hat{X}. \quad (8)$$

Здесь \hat{X} и \hat{y} есть усредненные за период ШИМ T_s вектор переменных состояния и регулируемая величина силовой части ИПН. Остальные параметры модели (8) имеют вид: $\hat{A} = A_1 d + A_0(1-d)$, $\hat{B} = B_1 d + B_0(1-d)$, $\hat{C} = C_1 d + C_0(1-d)$.

Установившееся решение усредненной модели (8) имеет вид

$$\bar{X} = -\hat{A}^{-1}\hat{B}, \bar{y} = -\hat{C}'\hat{A}^{-1}\hat{B} \quad (9)$$

Разложим усредненную модель (8) в ряд относительно малых приращений

$\tilde{X} = \hat{X} - \bar{X}$, $\tilde{y} = \hat{y} - \bar{y}$, $\tilde{d} = \hat{d} - \bar{D}$ в окрестности установившегося решения (9). Пренебрегая составляющими второго порядка малости и выше, получим т.н. малосигнальную модель ИПН [2]:

$$\frac{d\tilde{X}}{dt} = (A_1\bar{D} + A_0(1-\bar{D}))\tilde{X} + ((A_1 - A_0)\bar{X} + B_1 - B_0)\tilde{d}, \quad (10)$$

$$\tilde{y} = (C_1'\bar{D} + C_0'(1-\bar{D}))\tilde{X} + (C_1' - C_0')\bar{X}\tilde{d}.$$

Уравнение (1.3) удобно представить в форме преобразования Лапласа и использовать для синтеза регуляторов ИПН частотные методы. Передаточная функция «управление-выход» $w_{dy}(s) = y(s)/d(s)$ ИПН имеет вид [2]:

$$W_{dy}(s) = (C_1'\bar{D} + C_0'(1-\bar{D}))(sE - A_1\bar{D} - A_0(1-\bar{D}))^{-1}((A_1 - A_0)\bar{X} + B_1 - B_0) + (C_1' - C_0')\bar{X}. \quad (11)$$

Здесь s – оператор Лапласа; E – единичная матрица.

Передаточная функция разомкнутой системы примет вид

$$W_p(s) = C^T \cdot W_{dy}(s) \cdot \frac{1}{U_0} \alpha. \quad (12)$$

С помощью полученной передаточной функции разомкнутой системы и критерия устойчивости Найквиста можно определить устойчивость импульсного преобразователя.

В таблице 2 приведены полученные с помощью описанных методов выражения для оценки устойчивости повышающего и понижающего преобразователя.

Таблица 2 – Выражения для оценки устойчивости импульсных преобразователей

Полученные выражения	Тип импульсного преобразователя	
	Понижающий	Повышающий
Матрица Якоби	$J = \left(\frac{\partial F}{\partial X_k} - \frac{\partial F}{\partial D} \left(\frac{\partial \xi}{\partial D} \right)^{-1} \frac{\partial \xi}{\partial X_k} \right) \Bigg _{\substack{X_k = X^* \\ D = D^*}}$ $\frac{\partial F_{z1}}{\partial X_k} = e^{A_0(1-D)T} \cdot e^{A_1DT};$ $\frac{\partial \xi}{\partial X_k} = -\alpha C^T; \quad \frac{\partial \xi}{\partial D} = -U_{comp};$ $\frac{\partial F}{\partial D} = e^{A_0(1-D^*)T} \cdot e^{A_1D^*T} (A_1 - A_0)T (X^* + A_1^{-1}B_1) + e^{A_0(1-D^*)T} \cdot A_0T (A_1^{-1}B_1 - A_0^{-1}B_0);$	
Передаточная функция разомкнутой системы	$W_p(s) = C^T (sE - A_1)^{-1} B_1 \frac{1}{U_0} \alpha$	$W_p(s) = C^T (sE - A_1\bar{D} - A_0(1-\bar{D}))^{-1} (A_1 - A_0)\bar{X} \frac{1}{U_0} \alpha$

В таблице 3 представлены параметры исследуемых преобразователей.

Таблица 3 – Параметры исследуемых преобразователей

Параметры схемы	Тип импульсного преобразователя			
	Понижающий		Повышающий	
	Номинальные параметры	С усиленным фильтром	Номинальные параметры	С усиленным фильтром
C, Φ	$220 \cdot 10^{-6}$	$1000 \cdot 10^{-6}$	$220 \cdot 10^{-6}$	$1000 \cdot 10^{-6}$
$L, \text{Гн}$	$100 \cdot 10^{-6}$	$330 \cdot 10^{-6}$	$100 \cdot 10^{-6}$	$330 \cdot 10^{-6}$
f_d / f_c	585,56	$2,268 \cdot 10^3$	585,56	$2,268 \cdot 10^3$
$V_g, \text{В}$	24		5	
$r_L, \text{Ом}$	0,1		0,1	
$R, \text{Ом}$	3		60	
α	1		1	
β	0,5		0,104	
$V_{ref}, \text{В}$	2,5		2,5	
$T, \text{с}$	$\frac{1}{100 \cdot 10^3}$		$\frac{1}{100 \cdot 10^3}$	

ПОНИЖАЮЩИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ

При расчетах устойчивости понижающего преобразователя производилось варьирование входного напряжения в пределах $\pm 20\%$ от номинального и сопротивления нагрузки от 6 до 450 Ом, что соответствует изменению мощности в 74,5 раза. Результаты расчета устойчивости понижающего преобразователя с номинальными параметрами и с усиленным фильтром представлены на рисунках 3 и 4.

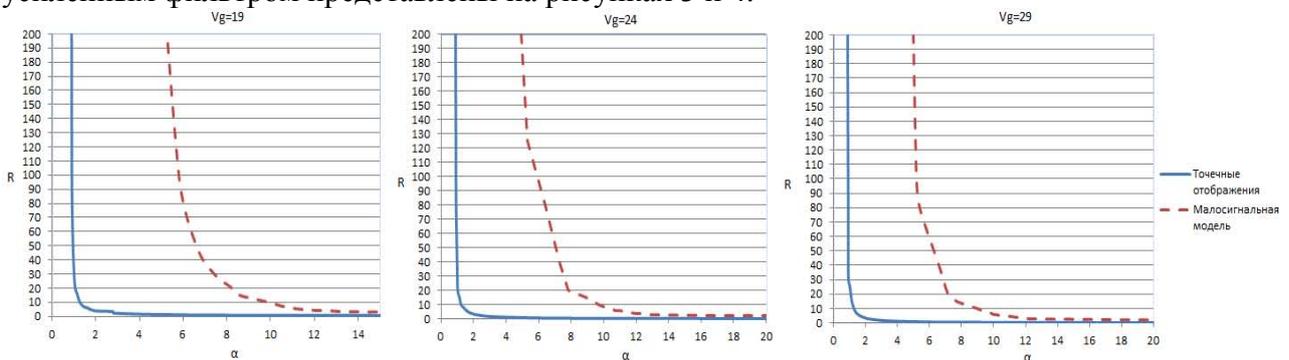


Рисунок 3 – Рассчитанные значения понижающего преобразователя с номинальными параметрами

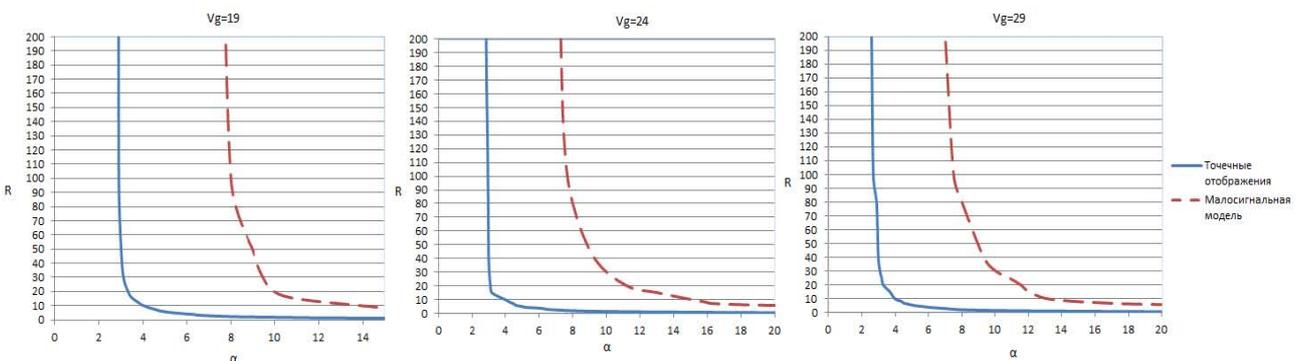


Рисунок 4 – Рассчитанные значения понижающего преобразователя с усиленным фильтром

Исходя из результатов расчета, представленных на рисунке 3, можно выделить 3 диапазона сопротивления нагрузки, в которых изменяется точность малосигнальной модели: при сопротивлении нагрузки от 0,1 до 3 Ом результаты малосигнальной модели и метода точечных отображений отличаются более чем в 10 раз, при сопротивлениях от 3 до 100 Ом точность малосигнальной модели возрастает и результаты расчета отличаются от аналогичных, полученных методом точечных отображений, в 6-10 раз, и при сопротивлениях от 100 до 450 Ом результаты отличаются менее чем в 5 раз.

Исходя из результатов расчета, представленных на рисунке 4, можно выделить 3 диапазона сопротивления нагрузки, в которых изменяется точность малосигнальной модели: при сопротивлении нагрузки от 0,1 до 3 Ом результаты малосигнальной модели и метода точечных отображений отличаются более чем в 8 раз, при сопротивлениях от 3 до 10 Ом точность малосигнальной модели возрастает и результаты расчета отличаются от аналогичных, полученных методом точечных отображений, в 4-6 раз, и при сопротивлениях от 100 до 450 Ом результаты отличаются менее чем в 3,5 раза. Сравнивая полученные результаты расчета понижающего преобразователя с номинальными параметрами и с усиленным фильтром, можно сделать вывод, что при применении усиленного фильтра отношение частоты среза к частоте дискретизации которого примерно в 4 раза больше, чем у номинального, точность малосигнальной модели относительно метода точечных отображений значительно возрастает, а также примерно в 3 раза увеличивается устойчивость понижающего преобразователя.

Нельзя не отметить, что при увеличении сопротивления нагрузки точность малосигнальной модели значительно повышается. С увеличением входного напряжения устойчивость понижающего преобразователя незначительно увеличивается, то есть устойчивость слабо зависит от изменения входного напряжения.

ПОВЫШАЮЩИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ

При расчетах повышающего преобразователя производилось варьирование входного напряжения в пределах $\pm 20\%$ от номинального и сопротивления нагрузки от 15 до 250 Ом, что соответствует изменению мощности в 16,4 раза. Результаты расчета устойчивости понижающего преобразователя с номинальными параметрами и с усиленным фильтром представлены на рисунках 5 и 6.

Исходя из результатов расчета, представленных на рисунке 5, можно выделить 2 диапазона сопротивления нагрузки, в которых изменяется точность малосигнальной модели: при сопротивлении нагрузки от 15 до 105 Ом результаты малосигнальной модели и метода точечных отображений отличаются более чем в 4,5 раза, при сопротивлениях от 105 до 250 Ом точность малосигнальной модели незначительно возрастает и результаты расчета отличаются от аналогичных, полученных методом точечных отображений, в 3,7-4,5 раза. Таким образом, можно отметить, что при увеличении сопротивления нагрузки точность малосигнальной модели относительно метода точечных отображений для повышающего преобразователя незначительно повышается.

Исходя из результатов расчета, представленных на рисунке 6, можно выделить диапазоны сопротивления нагрузки, в которых изменяется точность малосигнальной модели относительно метода точечных отображений для каждого входного напряжения. Диапазоны сопротивления нагрузки и результаты сравнения точности двух моделей приведены в таблице 4.

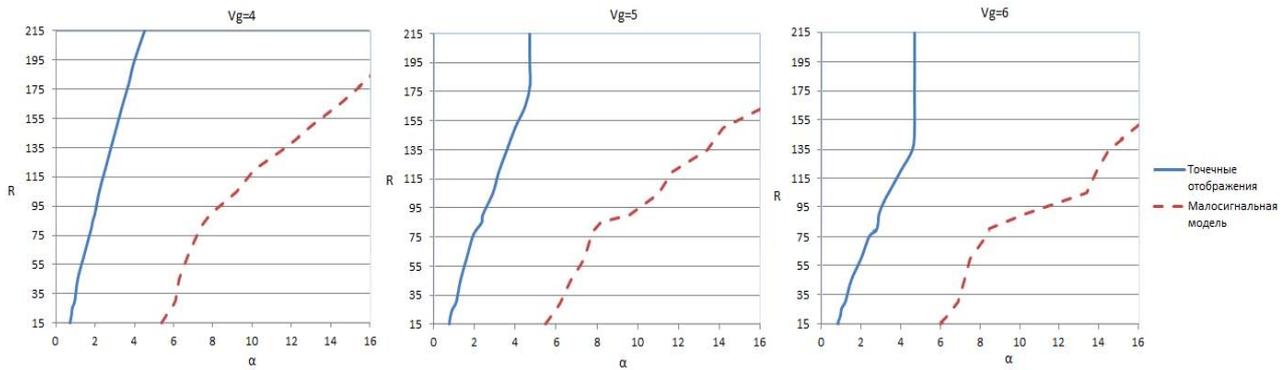


Рисунок 5 – Рассчитанные значения повышающего преобразователя с номинальными параметрами

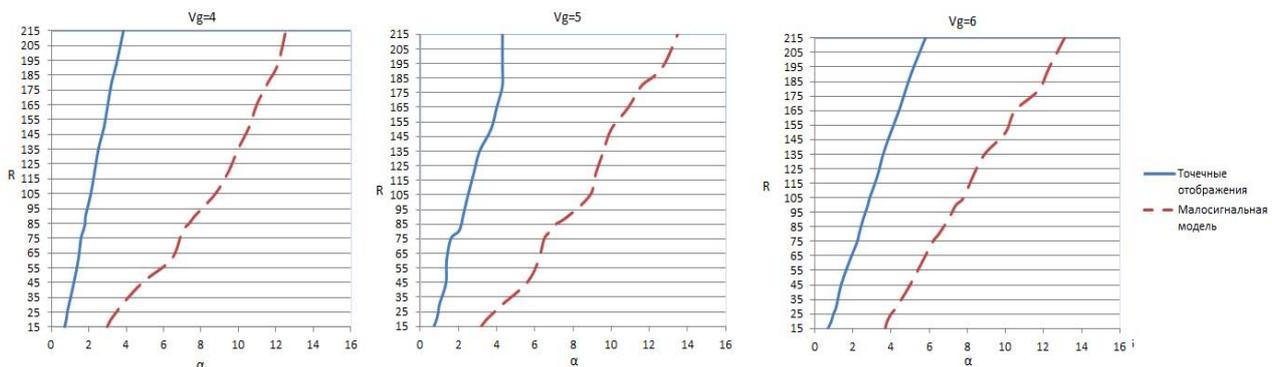


Рисунок 6 – Рассчитанные значения повышающего преобразователя с усиленным фильтром

Таблица 4 – Точность малосигнальной модели повышающего преобразователя с усиленным фильтром

Входное напряжение V_g , В		Точность малосигнальной модели относительно метода точечных отображений.		
		4	5	6
Диапазон сопротивления нагрузки (R), Ом	от 15 до 135	более чем в 4 раза	в 3 – 4,5 раза	более чем в 2,5 раза
	от 135 до 250	в 3 – 4 раза	Менее чем в 3 раза	Менее чем в 2,5 раза
	более 250	менее чем в 3 раза		

Сравнивая результаты расчета устойчивости повышающего преобразователя с номинальными параметрами и с усиленным фильтром, можно сделать вывод, что применение усиленного фильтра отношение частоты среза к частоте дискретизации которого примерно в 4 раза больше, чем у номинального, точность малосигнальной модели относительно метода точечных отображений значительно возрастает при больших сопротивлениях нагрузки и с увеличением входного напряжения. Также можно отметить, что применение усиленного фильтра в повышающем преобразователе приводит к снижению устойчивости при средних сопротивлениях нагрузки в 1,5-2 раза, а при большом сопротивлении нагрузки примерно в 3 раза.

Нельзя не отметить, что с увеличением входного напряжения и сопротивления нагрузки устойчивость повышающего преобразователя значительно увеличивается в 1,5-2 раза, следовательно, устойчивость повышающего преобразователя сильно зависит от изменения входного напряжения.

С точки зрения практического применения инженерного метода усреднения и линеаризации, нужно отметить, что метод завышает границу устойчивости в рассматриваемом диапазоне сопротивления нагрузки в 4-10 раз и погрешность метода увеличивается при меньших отношениях частоты дискретизации к частоте среза LC-фильтра.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Четти П. Проектирование ключевых источников электропитания / пер. с англ. С.Ф. Коняхин. – Москва: Энергоатомиздат, 1990. – 239 с.
2. Колоколов Ю.В., Косчинский С.Л. Динамика и синтез регуляторов тока импульсных автоматизированных электроприводов. – Москва: Машиностроение-1, 2006. – 97 с.
3. I.Ye. Korot'yeyev, M. Klytta. Stability analysis of the DC/DC converters. ISSN 0204-3599. – Техн. электродинамика, 2002.
4. Белов Г.А., Кузьмин С.А. Условия устойчивости и коэффициент стабилизации импульсного стабилизатора с обратными связями по току и напряжению // Электронная техника в автоматике / под ред. Конева Ю.И. – Москва: Сов. Радио, 1984. – № 15. – С. 48-58.

Пеньков Николай Геннадьевич

ФГБОУ ВПО Госуниверситет – УНПК, г. Орел

Магистрант (УНИИ ИТ)

E-mail: corsa1r_89@mail.ru

N.G. PEN'KOV (*Undergraduate*)

State University – ESPC, Orel

COMPARATIVE ANALYSIS OF ALGORITHMS FOR ESTIMATION THE STABILITY OF SWITCHING CONVERTERS

This article a comparison of different methods for assessing the stability of pulse converters. Considered accurate method of point maps and an approximate method of averaging and linearization. Expressions are given for the calculation of stability. The calculation of the stability of the boost and buck dc/dc converters with different parameters, the analysis and comparison of the results obtained.

Keywords: *algorithm; DC/DC converter; the method of averaging and linearization; the method of point maps; Nyquist stability criterion; parameters.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Chetti P. Proektirovanie klyuchevy'x istochnikov e'lektropitaniya / per. s angl. S.F. Konyaxin. – Moskva: E'nergoatomizdat, 1990. – 239 s.
2. Kolokolov Yu.V., Koschinskij S.L. Dinamika i sintez regul'yatorov toka impul'sny'x avtomatizirovanny'x e'lektroprivodov. – Moskva: Mashinostroenie-1, 2006. – 97 s.
3. I.Ye. Korot'yeyev, M. Klytta. Stability analysis of the DC/DC converters. ISSN 0204-3599. – Техн. e'lektrodinamika, 2002.
4. Belov G.A., Kuz'min S.A. Usloviya ustojchivosti i koe'fficient stabilizacii impul'snogo stabilizatora s obratny'mi svyazyami po toku i napryazheniyu // E'lektronnaya texnika v avtomatike / pod red. Koneva Yu.I. – Moskva: Sov. Radi, 1984. – № 15. – S. 48-58.

УДК 004.85

А.Ю. САВЕЛЬЕВ, В.Е. ПОДОЛЬСКИЙ

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЯ ОБУЧЕННОСТИ СТУДЕНТОВ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМ ПРОЦЕССОМ УНИВЕРСИТЕТОВ

Проблема определения уровня обученности студентов широко стоит перед современной наукой, однако однозначного решения пока нет [1]. Традиционно под уровнем обученности понимается степень академической успеваемости учащихся, определяемая как степень совпадения реальных и запланированных результатов учебной деятельности. Поэтому мерой успешности обучения выступает оценка успеваемости, выраженная в абсолютных показателях, в процентном соотношении или какой-то другой форме [2]. В статье рассмотрены основные методы определения уровня обученности студентов.

Ключевые слова: уровень обученности; система управления обучением.

В последние годы в образовательных процессах университетов огромную роль играет телекоммуникационная составляющая. Действительно, внедрение информационных технологий в процесс обучения предоставляет преимущества не только для студентов, обучающихся дистанционно, но и для учащихся на очной форме обучения.

В настоящее время существует множество систем управления образовательным процессом университета, однако ни одна из них не предоставляет инструмента для отслеживания уровня обученности студентов. Такой показатель должен отражать степень академической успеваемости учащихся, определяемую как степень совпадения реальных и запланированных результатов учебной деятельности. С помощью уровня обученности можно исследовать такие показатели, как эффективность преподавателя, качество учебных курсов, понятность системы управления обучением и т.д.

Одним из самых простых способов определения уровня обученности учащихся является математическая модель В.П. Смирнова, которая позволяет определить успеваемость студентов. Предлагается определять обученность по полученным в результате тестирования оценкам, при этом оценке «отлично» соответствует выполнение всех тестовых заданий студентом (100%), оценке «хорошо» соответствует количество выполненных заданий от 64% до 100%, не включая 100%, оценке «удовлетворительно» соответствует выполнение заданий от 36% до 64%, оценке «неудовлетворительно» соответствует количество заданий от 0% до 16%. При выполнении студентом тестовых заданий в количестве менее 16% считается, что он не справился с предложенным тестированием.

Исходя из приведенных выше данных, предложена формула для расчета уровня обученности студентов по предмету:

$$CO = \frac{n5 * 1 + n4 * 0,64 + n3 * 0,36 + n2 * 0,16}{N},$$

где N – количество студентов принимающих участие в тестировании; n5 – количество студентов, справившихся с тестовыми заданиями на оценку «отлично»; n4 – количество студентов, справившихся с тестовыми заданиями на оценку «хорошо»; n3 – количество студентов, справившихся с тестовыми заданиями на оценку «удовлетворительно»; n2 – количество студентов, справившихся с тестовым заданием на оценку «неудовлетворительно».

Упрощенным случаем математической модели Смирнова является формула определения успешности обучения. Она имеет следующий вид:

$$YO = \frac{n5 + n4}{N},$$

где n_5 – количество студентов, выполнивших тестовые задания на оценку «отлично»; n_4 – количество студентов, выполнивших тестовое задание на оценку «хорошо»; N – общее количество студентов, выполнявших тестовые задания.

Представленные модели хорошо подходит для случаев, когда студенту выставляется какая-то оценка за выполнение тестового задания, однако в случаях, когда, например, студенты выполняют задания в количестве от 37% до 63%, математическая модель Смирнова не покажет никаких изменений в уровне обученности.

В случае автоматизированного обучения для определения уровня обученности нам совершенно необязательно каким-то образом разграничивать уровни оценок учащегося. Результатом тестирования могут быть сразу два параметра – «стандартная» оценка («отлично», «хорошо», «удовлетворительно» и «неудовлетворительно») и процентная доля выполненных заданий. Второй параметр будет отражать уровень обученности студента более точно.

В математической модели Смирнова заменим градации оценок студента на процентную долю выполненных заданий в тесте. В этом случае формула примет вид:

$$CO = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n}{n},$$

где n – количество студентов, принимавших участие в тестировании; $R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$ – доля выполненных заданий в тесте студентами 1,2,3...n.

Эту формулу можно записать в виде:

$$CO = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{n}.$$

Данная модель будет отображать любые, даже незначительные изменения в уровне обученности студентов.

В данной формуле R_i – доля выполненных заданий в тесте. Это число не всегда отражает реальный уровень обученности студента. Разные задания могут иметь разную сложность, следовательно, разный «вес» при подсчете уровня обученности.

Составим формулу, которая будет учитывать сложность задания при подсчете результата теста:

$$r_i = c_i * Z_i,$$

где r_i – показатель «выполненности» одного тестового задания с учетом его сложности; c_i – коэффициент сложности задания.

Заметим, что сумма всех коэффициентов в тесте должна быть равна единице;

Z_i – показатель «правильности» ответа учащегося. Для тестов с единственным ответом $Z = 1$ в случае правильного ответа, $Z = 0$ в случае неправильного ответа. Для тестов с множественными ответами $Z = \frac{Q_t - Q_f}{n_t}$, где Q_t – количество ответов, выбранных правильно в данном задании, Q_f – количество ответов, выбранных неправильно в данном задании, n_t – количество правильных ответов в данном тестовом задании.

Показатель обученности одного студента в этом случае будет равен:

$$\begin{cases} R = c_1 Z_1 + c_2 Z_2 + c_3 Z_3 + \dots + c_n Z_n \\ c_1 + c_2 + c_3 + \dots + c_n = 1 \end{cases}$$

или в более коротком виде:

$$\begin{cases} R = \sum_{i=1}^n c_i Z_i \\ \sum_{i=1}^n c_i = 1 \end{cases},$$

где n – количество заданий в тесте.

Далее составим математическую модель для расчета уровня обученности всего потока студентов по предмету:

$$\left\{ \begin{array}{l} CO = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n c_i Z_i \\ \sum_{i=1}^n c_i = 1 \end{array} \right. ,$$

где m – количество студентов, принимавших участие в тестировании;
 n – количество заданий в тесте.

Данная формула хорошо подходит для определения уровня обученности студентов, использующих в обучении электронную систему управления образовательным процессом. Она учитывает малейшие изменения в уровне обученности, оценивает полноту ответов студентов, а также сложность того или иного задания.

Если в ходе тестирования определять не только правильность выполнения тестовых заданий, но и затраченное время на их определение, то можно более точно определить уровень обученности студента. Студент, который быстрее ответит на тот или иной вопрос, с большей долей вероятности сможет применить лучше полученные знания на практике, следовательно, можно считать, что его уровень обученности будет выше [3].

Для определения уровня обученности (Y_{Ot}) одного студента по данному предмету с учетом времени ответа, полноты и правильности решения составим следующую формулу:

$$Y_{Ot} = \frac{Z_1}{t_1} + \frac{Z_2}{t_2} + \frac{Z_3}{t_3} + \dots + \frac{Z_n}{t_n},$$

где $t_1, t_2, t_3, \dots, t_n$ – время, затраченное на выполнение тестового задания студентом; n – количество заданий в тесте; $Z_1, Z_2, Z_3, \dots, Z_n$ – показатели правильности ответа учащегося. Для тестов с единственным ответом $Z = 1$ в случае правильного ответа, $Z = 0$ в случае неправильного ответа. Для тестов со множественными ответами $Z = \frac{Q_t - Q_f}{n_t}$, где Q_t – количество ответов, выбранных правильно в данном задании, Q_f – количество ответов, выбранных неправильно в данном задании, n_t – количество правильных ответов в данном тестовом задании.

Иначе эту формулу можно записать так:

$$y_{Ot} = \sum_{i=1}^n \frac{Z_i}{t_i}.$$

Чтобы определить уровень обученности всего потока, необходимо использовать следующую математическую модель:

$$Y_{Ot_{\text{потока}}} = \frac{Y_{Ot_1} + Y_{Ot_2} + Y_{Ot_3} + \dots + Y_{Ot_k}}{k},$$

где k – количество студентов, выполнявших тестовые задания; $Y_{Ot_1}, Y_{Ot_2}, Y_{Ot_3} \dots Y_{Ot_n}$ – уровни обученности студентов.

Иначе модель можно записать в следующем виде:

$$Y_{Ot_{\text{потока}}} = \frac{\sum_{i=1}^k Y_{Ot_i}}{k}.$$

Для определения уровня обученности в целом по потоку могут быть также использованы следующие дополнительные метрики:

- количество студентов, вовремя сдавших экзаменационную сессию;
- количество студентов, допустившихся к экзаменационной сессии;
- количество студентов, отчисленных за неуспеваемость.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С помощью представленных математических моделей можно определять уровень обученности не только в университетах, но и в других учебных заведениях, в которых знания могут проверяться с помощью тестовых заданий. Эти модели достаточно точны и учитывают такие параметры, как сложность заданий, полнота ответа и время ответа на задание.

В случаях, когда высокая точность определения уровня обученности не требуется, можно воспользоваться математической моделью Смирнова, если же требуется отследить, например, динамику изменения уровня обученности за какой-то промежуток времени, то лучше использовать модифицированную модель Смирнова либо математическую модель определения уровня обученности с учетом времени выполнения заданий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Подольский В.Е., Пучков Н.П., Пономарев С.В., Мищенко Е.С., Сергеев В.Н., Касатов И.С., Радченко И.М. Обеспечение нового качества высшего образования через мобильность участников образовательного процесса на основе современной информационно-телекоммуникационной инфраструктуры университета // Труды Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Информационные технологии и обеспечение нового качества высшего образования» 14-15 апреля 2010, г. Москва, НИТУ «МИСиС».
2. Радченко И.М., Подольский В.Е. Создание программных приложений для проведения коллективных аудио- и видеоконференций в системе дистанционного обучения с использованием технологий четвертого поколения // Труды XII Всероссийской научно-методической конференции «Телематика-2005», Санкт-Петербург, 6-9 июня 2005 г.
3. Савельев А.Ю., Подольский В.Е. Применение сервис-ориентированной архитектуры в системе управления обучающим процессом университета // Дистанционное и виртуальное обучение. – Издательство СГА, 2013.

Савельев Александр Юрьевич

Тамбовский государственный технический университет, г. Тамбов
Аспирант
Тел.: 8 920 233 68 21
E-mail: my@alexandersavelev.com

Подольский Владимир Ефимович

Тамбовский государственный технический университет, г. Тамбов
Доктор технических наук, профессор, директор ТамбовЦНИТ ТГТУ
E-mail: director@director.tixmcnit.tambov.su

A.Yu. SAVEL'EV (*Post-graduate Student*)

V.E. PODOL'SKIJ (*Doctor of Engineering Science, Professor, Director of TambovCNIT TSTU*)
Tambov State Technical University, Tambov

RESEARCH OF METHODS FOR DETERMINING THE LEVEL OF STUDENT'S TRAINING IN LEARNING MANAGEMENT SYSTEMS

In modern science there is the problem of determining the training level of students, but there is no single solution [1]. Traditionally, the training level means the level of student's academic achievements, defined as the degree of coincidence of actual and planned learning outcomes. That is way a measure of the success of training is assessment of progress, expressed in absolute terms, in percentage or some other form [2]. The article describes the main methods of determining the training level of students.

Keywords: *level of training; learning management system.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Podol'skij V.E., Puchkov N.P., Ponomaryov S.V., Mishhenko E.S., Sergeev V.N., Kasatonov I.S., Radchenko I.M. Obespechenie novogo kachestva vy'sshego obrazovaniya cherez mobil'nost' uchastnikov obrazovatel'nogo processa na osnove sovremennoj informacionno-telekommunikacionnoj infrastruktury' universiteta // Trudy' Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodny'm uchastiem «Informacionny'e texnologii i obespechenie novogo kachestva vy'sshego obrazovaniya» 14-15 aprelya 2010, g. Moskva, NITU «MISiS».
2. Radchenko I.M., Podol'skij V.E. Sozdanie programmny'x prilozhenij dlya provedeniya kollektivny'x audio- i videokonferencij v sisteme distancionnogo obucheniya s ispol'zovaniem texnologij chetvyortogo pokoleniya // Trudy' XII Vserossijskoj nauchno-metodicheskoy konferencii «telematika-2005», Sankt-Peterburg, 6-9 iyunya 2005 g.
3. Savel'ev A.Yu., Podol'skij V.E. Primenenie servis-orientirovannoj arxitektury' v sisteme upravleniya obuchayushhim processom universiteta // Distancionnoe i virtual'noe obuchenie. – Izdatel'stv SGA, 2013.

МОДЕЛЬ ИНТЕГРАЦИИ РАЗНОРОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ ДАННЫХ ПРИ ОБЪЕДИНЕНИИ РАЗНОРОДНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ WEB-СЕРВИСОВ

В статье рассмотрены вопросы интеграции разнородных приложений на основе данных. Представлена модель интеграции и описаны механизмы доступа к данным на основе единой интегрирующей модели.

Ключевые слова: интеграция; данные; схема данных; запросная модель; web-сервисы.

ВВЕДЕНИЕ

Современное образовательное учреждение является сложным объектом автоматизации, это связано с многоаспектным характером деятельности и распределённостью структуры ВУЗов. В настоящее время перед ВУЗами в части развития существующих информационных систем стоит задача обеспечения актуальной информацией и предоставления инструментов для эффективного выполнения своих функций различными группами специалистов, работающих в сфере образования.

Анализируя уровень автоматизации образовательных учреждений, можно прийти к выводу, что большинство из них автоматизировано лишь частично. Поэтому одной из главных проблем, возникающих при внедрении новой информационной системы, является проблема интеграции этой системы с уже существующими решениями. В большинстве случаев затраты на внедрение в разы больше затрат на приобретение или разработку самой системы. В связи с этим вопросы интеграции разнородных информационных систем представляются достаточно актуальными.

МЕХАНИЗМЫ ИНТЕГРАЦИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

В настоящее время можно выделить следующие виды технологий интеграции информационных систем:

1. Системы интеграции корпоративных приложений (Enterprise Applications Integration, EAI) – это системы, предназначенные для интеграции приложений в рамках одной организации.

2. Системы интеграции между организациями (межведомственной интеграции) (Business-to-Business Integration, B2Bi) – это технологии, предназначенные для интеграции информационных систем между организациями.

3. Технологии управления бизнес-процессами (Business Process Management, BPM) – это системы, предназначенные для интеграции на уровне бизнес-процессов.

4. Технологии интеграции на основе обмена данными – это технологии, в которых интеграция производится только за счёт обмена данными (без управляющих сигналов).

На основе проведённого анализа [1] было принято решение о том, что наиболее актуальной для решения задачи интеграции приложений является технология интеграции на основе обмена данными. В основе этого подхода лежит создание единого информационного пространства, которое будет представлять данные различных приложений в едином формате и определять общий интерфейс для доступа к данным.

Системы интеграции данных могут обеспечивать интеграцию данных на физическом, логическом и семантическом уровнях. Интеграция данных на физическом уровне с теоретической точки зрения является наиболее простой задачей и сводится к конверсии данных из различных источников в требуемый единый формат их физического представления. Интеграция данных на логическом уровне предусматривает возможность доступа к данным, содержащимся в различных источниках, в терминах единой глобальной

схемы, которая описывает их совместное представление с учетом структурных и, возможно, поведенческих (при использовании объектных моделей) свойств данных. Семантические свойства данных при этом не учитываются. Поддержку единого представления данных с учетом их семантических свойств в контексте единой онтологии предметной области обеспечивает интеграция данных на семантическом уровне.

Процессу интеграции препятствует неоднородность источников данных. Так, при интеграции на физическом уровне в источниках данных могут использоваться различные форматы файлов. На логическом уровне интеграции может иметь место неоднородность используемых моделей данных для различных источников или различаются схемы данных, хотя используется одна и та же модель данных. Одни источники могут быть веб-сайтами, а другие – объектными базами данных и т.д. При интеграции на семантическом уровне различным источникам данных могут соответствовать различные онтологии. Например, возможен случай, когда каждый из источников представляет информационные ресурсы, моделирующие некоторый фрагмент предметной области, которому соответствует своя понятийная система, и эти фрагменты пересекаются.

АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ ИНТЕГРАЦИИ WEB-СЕРВИСОВ

К числу основных инструментов, используемых для интеграции приложений на основе данных, относятся: конвертеры данных, интегрирующие модели данных, адаптеры для преобразования данных (wrappers), сервер интеграции, интерфейсы для взаимодействия с различными СУБД. В качестве формата для представления данных на физическом уровне целесообразным представляется использование формата XML. Процесс доступа к данным в сервис-ориентированной системе можно описать следующим образом. Web-сервис, которому необходимо получить информацию, формирует XML-запрос, в котором описывается, какая информация необходима. Данный запрос по каналам связи отправляется на сервер интеграции. В функции сервера входит анализ полученного запроса и преобразование его в соответствии с выбранной интегрирующей моделью данных. После этого на основе анализа полученного запроса сервер интеграции осуществляет доступ к физическим базам данных с помощью соответствующих интерфейсов. Далее сервер интеграции преобразует полученные данные в соответствии с выбранной интегрирующей моделью данных и формирует XML-ответ, который по каналам связи отправляется обратно приложению. Приложение, получившее XML-ответ, преобразует его с помощью встроенного адаптера в требуемый для работы формат. Описанный механизм интеграции иллюстрируется схемой, представленной на рисунке 1.

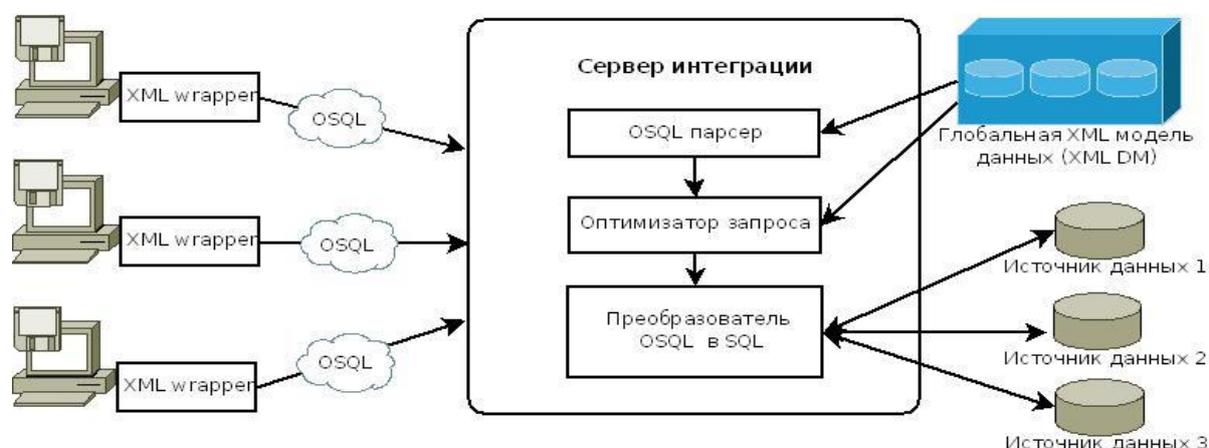


Рисунок 1 – Схема интеграции web-сервисов на основе данных

ИНТЕГРИРУЮЩАЯ МОДЕЛЬ ДАННЫХ

Процесс интеграции данных начинается с построения глобальной интегрирующей модели данных. Эта операция включает в себя два этапа.

На первом этапе производится построение глобальной UML-схемы, которая служит для моделирования предметной области и представляет собой диаграмму классов UML. Данная схема необходима для поддержки единого представления данных из различных источников. Объектная модель представления данных выбирается как наиболее универсальный механизм для представления информации как из реляционных, так из объектных баз данных. При построении интегрирующей модели данных следует учитывать следующие особенности:

1. Схема должна максимально полно отражать все сущности предметной области и удовлетворять информационным потребностям существующих и подключаемых в будущем сервисов.

2. Схема должна быть адекватной доступным или предполагаемым источникам данных, которые будут интегрироваться.

После построения UML-схемы происходит её отображение в XML-схему данных. Преимуществом использования формата XML для представления глобальной схемы данных является его древовидная структура, что соответствует описанному представлению. Для стандартизации и упрощения доступа к данным единой интегрированной модели будем использовать объектную запросную модель данных.

Необходимость разработки новой запросной модели связана с особенностями представления данных в интегрирующей системе. Задача разработки нового языка запросов осложняется необходимостью построения математической базы в качестве его основы и значительными временными затратами на обучение программистов новому языку. Однако существование соответствия между объектами и таблицами, атрибутами и полями таблиц позволяет выполнять обработку данных, представленных в виде объектов, в рамках реляционной алгебры, поэтому для оперирования данными предлагается использовать язык запросов, близкий к SQL, но модифицированный с учетом особенностей объектного представления. Сходство такого языка с SQL минимизирует затраты времени прикладных программистов, хорошо знакомыми с SQL, на ознакомление с ним.

Применение объектного представления реляционных баз данных вносит следующие особенности в оформление запросов, сохраняя их общий синтаксис:

1. В SQL-запросе указываются названия полей таблиц, а в запросе к объектному представлению – названия атрибутов объектов, которые формируются следующим образом: 1) атрибут, принадлежащий объекту на верхнем уровне иерархии объектов (т.е. основному объекту), идентифицируется сочетанием названия объекта и названия атрибута (например, Личность.Имя); 2) атрибут, принадлежащий объекту на более глубоком уровне иерархии (т.е. вспомогательному объекту), идентифицируется сочетанием названий всех объектов на пути от объекта верхнего уровня иерархии к объекту, которому он непосредственно принадлежит, и названием атрибута (например, Личность.Работа.Должность.Код);

2. В SQL-запросе типа SELECT, объединяющем несколько таблиц с условием объединения по равенству первичных и внешних ключей, требуется указывать это условие в разделе WHERE, а список соответствующих таблиц в разделе FROM, а в соответствующем ему запросе, объединяющем несколько объектов, данное условие и раздел FROM не указываются, т.к. условие объединения хранится в ОСД и будет добавлено к существующему разделу WHERE, а список таблиц в разделе FROM будет сформирован автоматически на этапе обработки запроса.

На следующем этапе производится отображение схем интегрируемых источников данных на глобальную схему. Для этого от физических источников необходимо получение схемы данных, хранимых в этих источниках. Для унификации процесса построения отображений схемы данных физических источников предоставляются в формате XML. В результате каждому классу глобальной интегрирующей модели будет соответствовать древовидное представление, описывающее правила формирования информации данного

класса. Листьями такого представления будут представления конкретных физических источников. Схема формирования глобальной интеграционной модели данных представлена на рисунке 2.

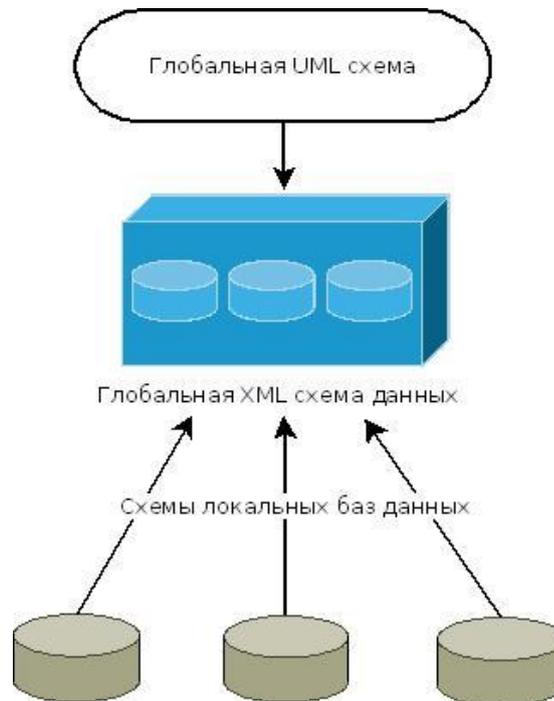


Рисунок 2 – Механизм формирования глобальной XML схемы данных

Для рассмотрения механизма формирования глобальной интегрирующей модели данных на основе локальных схем данных введём следующие понятия. Пусть D_1 – множество объектов, хранящихся в базе данных 1. D_2 – множество объектов, хранящихся в базе данных 2. Пусть $X_1 \in D_1$ – объект из базы данных 1. Объект X_1 имеет атрибуты: $X_1 = \{x_{11}, x_{12}, \dots, x_{1n}\}$. Задача построения интегрирующей модели данных заключается в отображении множеств объектов D_1, D_2, \dots, D_n в результирующее множество D_I . Пусть имеется объект $Z = \{z_1, z_2, \dots, z_m\}$ из интегрированного множества объектов D_I . Данный объект формируется на основе объектов локальных баз данных с применением следующих операций:

1. Операция проекции. Данная операция заключается в отображении исходного множества атрибутов объекта на результирующее множество с применением некоторых функций преобразования. Данная процедура описывается следующей формулой:

$$P(X \rightarrow Z) \{z_i \leftarrow f_i(x_j, x_{j+1}, \dots, x_{j+k}), 1 \leq i \leq m, 1 \leq j \leq n, k \in \mathbb{N}, k < n\}. \quad (1)$$

2. Операция θ -соединения. Данная операция заключается в соединении информации из нескольких объектов одной или нескольких локальных баз данных в единый объект интегрирующей модели данных. Пусть в базе данных 2 есть объект $Y \in D_2$. Тогда операция θ -соединения будет записываться следующим образом:

$$X \overset{\theta}{\wedge} Y (\theta = (X.x_i = Y.y_i)) = \{x_1 y_1, x_2 y_2, x_i y_j, \dots, x_n y_m\}, 1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq m. \quad (2)$$

Используя описанные операции, можно получить новые информационные объекты на основе имеющихся локальных объектов.

Кроме этого, необходимо формирование новых связей между объектами из различных источников данных. Эти связи должны поддерживаться на логическом уровне и реализовываться в рамках интегрирующей модели.

Рассмотрим пример формирования интегрирующей модели данных на основе существующих классов из локальных баз данных. На рисунках 3 и 4 приведены фрагменты схем базы данных по учёту НИР и базы данных для учёта успеваемости студентов.

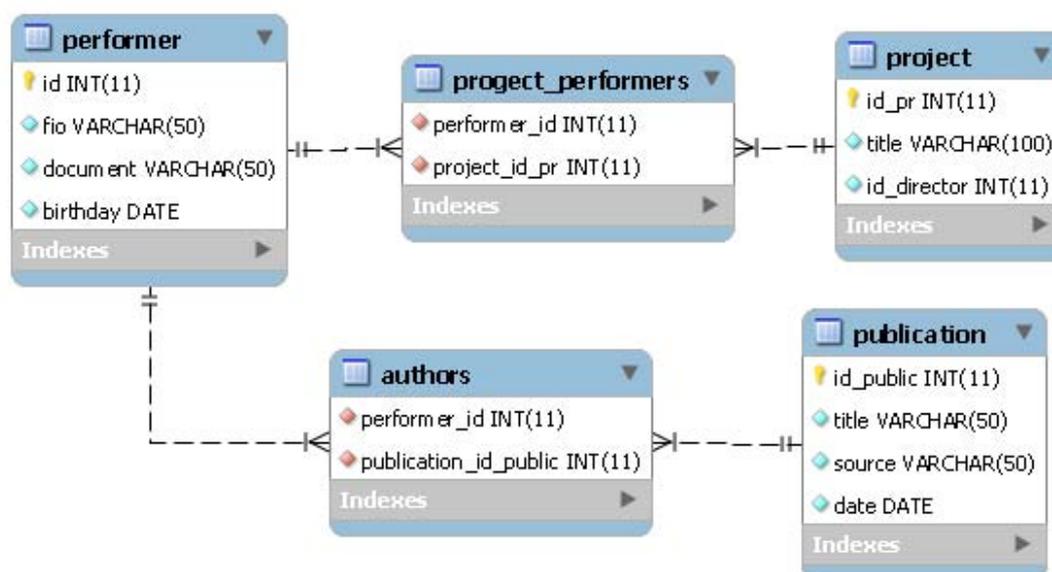


Рисунок 3 – Фрагмент схемы базы данных NIR учёта НИР в ВУЗе

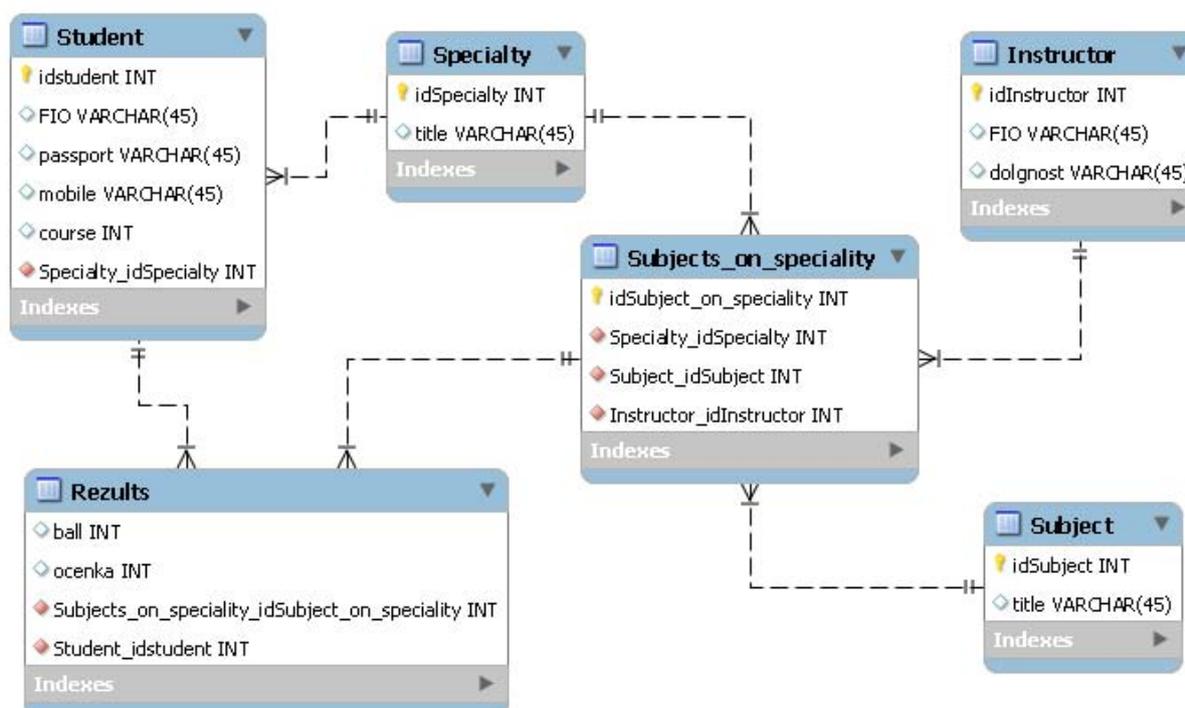


Рисунок 4 – Фрагмент базы данных Institute контроля успеваемости студентов

При интеграции двух описанных фрагментов схем баз данных появляются дополнительные логические связи между объектами. Так, объект Performer в базе данных NIR представляет информацию об исполнителях научно-исследовательских работ. В качестве таких исполнителей могут выступать как студенты, так и преподаватели, фигурирующие в базе данных Institute. Поэтому на уровне интегрирующей модели необходимо добавить связи между указанными объектами. В результате получим фрагмент глобальной UML-модели данных, приведённый на рисунке 5.

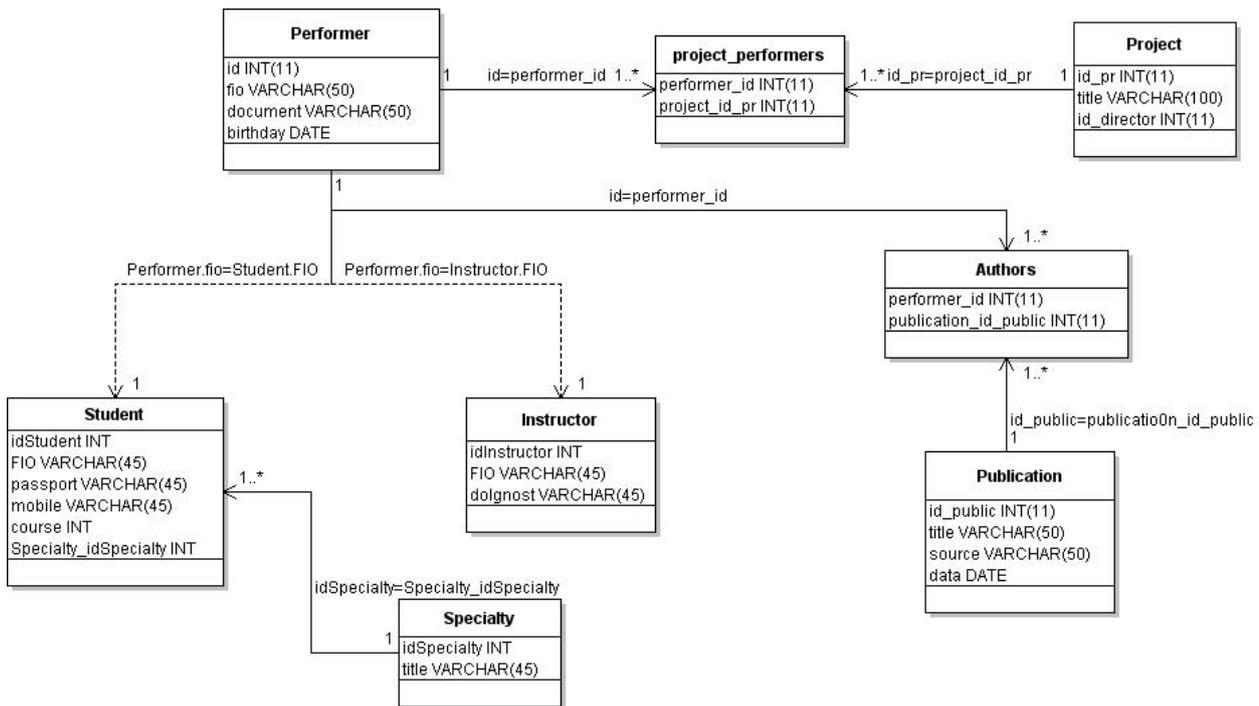


Рисунок 5 – Фрагмент UML диаграммы интегрирующей модели данных

В приведённом фрагменте пунктирными стрелками показаны логические связи, интегрирующие объекты из различных баз данных. Кроме того, каждый объект интегрирующей модели может содержать дополнительные методы, предназначенные для получения определённой информации, которые настраиваются на этапе формирования интегрирующей модели данных. С каждым объектом интегрирующей модели связывается запрос к физической базе данных, в которой находится требуемая информация.

Теперь рассмотрим пример объектного запроса к сформированной структуре данных. В качестве примера получим информацию о специальностях, на которых учатся студенты, являющиеся исполнителями заданного проекта.

```
select Performer.Student.Specialty.title, Performer.Student.fio
where Performer.Project.title = 'Проект 1'
```

Этот запрос на сервере интеграции будет транслироваться в запросы к реальным источникам данных. В результате получится следующий алгоритм формирования результата запроса:

```
Foreach $r from db::NIR.getdata(
    'select performer.fio
    from performer, project_performer, project
    where project.title = 'Проект1'
    and Performer.id= project_performer.performer_id
    and project.id_pr= project_performer.project_id_pr') do
    result.add(db::Institute.getdata(
        'select Specialty.title, Student.fio
        From Student, Specialty
        Where student.fio = $r.fio');
```

Результатом выполнения такого запроса будет XML-документ следующего вида:

```
<query_result>
<items>
  <item id=1>
    <Performer>
```

```
<Student>
  <Specialty>
    <attribute name='title'> Информационные системы</attribute>
  </Specialty>
  <attribute name='fio'> Иванов Иван Иванович </attribute>
</Student>
</Performer>
</item>
<item id =2>
  ...
</item>
</items>
</query_result>
```

Этот документ будет отправлен обратно web-сервису. Каждый элемент item данного документа будет содержать запись, удовлетворяющую условиям исходного запроса.

Описанная интегрирующая модель данных позволит обеспечить единообразный доступ к данным, имеющим различную физическую природу.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При разработке информационной системы ВУЗа актуальной представляется реализация системы в виде отдельных web-сервисов, которые должны интегрироваться в единую систему.

В качестве механизма интеграции web-сервисов предлагается использование технологии интеграции на основе данных. Для реализации данного подхода целесообразно использование единого объектного подхода к представлению данных из различных источников.

Для доступа к данным на основе глобальной интегрирующей модели данных предлагается использовать объектный язык запросов OSQL. Сервер интеграции в этом случае должен содержать методы трансляции и оптимизации запросов, написанных на OSQL.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ужаринский А.Ю. Вопросы интеграции программных средств при построении систем административного мониторинга. Неделя науки - 2010. Материалы 43-й студенческой научно-технической конференции. В 2-х т. – Т. 2 / под ред. д.т.н., проф. Ю.С. Степанова. – Орел: ОрелГТУ, 2010. – С. 82-84.
2. Коськин А.В. Структурные и алгоритмические решения организации импорта данных в автоматизированной адаптивной системе административного мониторинга / А.В. Коськин, А.И. Фролов, А.Ю. Ужаринский // Информационные системы и технологии: материалы Международной научно-технической интернет-конференции: г. Орел, апрель-май 2011. В 3-х т. – Т. 2. – Орел: ФГБОУ ВПО Госуниверситет – УНПК, 2011. – С. 42-46.
3. Семенов В.А. Стратегии объектно-реляционного отображения: систематизация и анализ на основе паттернов / Семенов В.А., Морозов С.В., Порох С.А. // Тр. ин-та системного программирования РАН, 2004. – С. 53-92.

Ужаринский Антон Юрьевич
ФГБОУ ВПО Госуниверситет – УНПК, г. Орел
Аспирант
E-mail: udjal89@mail.ru

A.Yu. UZhARINSKIY (*Post-graduate Student*)
State University – ESPC, Orel

MODEL OF INTEGRATION OF MANIFOLD DATA SOURCES AT UNIFICATION MANIFOLD APPLICATIONS BASED ON WEB-SERVICES

The questions of integration of heterogeneous applications based on the data are described. The model describes the mechanisms of integration and data access on the basis of a single integrative model are introduced.

Keywords: *integration; data; data schema; inquire model; web-services.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Uzharinskij A.Yu. Voprosy' integracii programmny'x sredstv pri postroenii sistem administrativnogo monitoringa. Nedelya nauki - 2010. Materialy' 43-j studencheskoj nauchno-texnicheskoj konferencii. V 2-x t. – T. 2 / pod red. d.t.n., prof. Yu.S. Stepanova. – Oryol: OryolGTU, 2010. – S. 82-84.
2. Kos'kin A.V. Strukturny'e i algoritmicheskie resheniya organizacii importa danny'x v avtomatizirovannoj adaptivnoj sisteme administrativnogo monitoringa / A.V. Kos'kin, A.I. Frolov, A.Yu. Uzharinskij // Infrmacionny'e sistemy' i texnologii: materialy' Mezhdunardnoj nauchno-texnicheskoj internet-konferencii: g. Oryol, aprel'-maj 2011. V 3-x t. – T. 2. – Oryol: FGBOU VPO Gosuniversitet – UNPK, 2011. – S. 42-46.
3. Semyonov V.A. Strategii ob''ektno-relyacionnogo otobrazheniya: sistematizaciya i analiz na osnove patternov / Semyonov V.A., Morozov S.V., Porox S.A. // Tr. in-ta sistemnogo programirovaniya RAN, 2004. – S. 53-92.

УДК 519.876.5

А.И. ФРОЛОВ, П.В. ЛУКЪЯНОВ

О ВОЗМОЖНОСТЯХ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ АДМИНИСТРАТИВНОГО МОНИТОРИНГА

В статье рассматриваются вопросы прогнозирования состояния объекта административного мониторинга с использованием имитационного моделирования. Производится анализ методов имитационного моделирования: дискретно-событийное моделирование, системная динамика и агентное моделирование. Дается оценка применимости этих методов для решения задач административного мониторинга. Для отобранных методов строятся модели представления исходных данных.

Ключевые слова: мониторинг; имитационное моделирование; дискретно-событийное моделирование; системная динамика; агентное моделирование.

ВВЕДЕНИЕ

В работах [1-3] предложен подход к автоматизации процессов прогнозирования состояния объекта управления на основании данных административного мониторинга. Основной особенностью предложенных решений является возможность использования дополнительной информации о характеристиках структуры хранения данных и самих данных административного мониторинга сложного объекта для рационального, в значительной степени автоматизированного выбора метода прогнозирования. При этом очевидно, что при решении ряда задач административного мониторинга по структурным особенностям логической модели хранения данных и измеряемым характеристикам собранных данных не удастся однозначно определить адекватный метод моделирования. В этом случае возможно использование собранных данных для построения прогноза с использованием имитационного моделирования. Поэтому должны быть разработаны механизмы формирования исходных данных для имитационной модели в зависимости от ее вида.

Для решения этой задачи, во-первых, необходимо проанализировать виды имитационного моделирования (дискретно-событийное моделирование, агентное моделирование и системная динамика). По результатам анализа должны быть определены возможности применения рассмотренных методов моделирования с априорной качественной оценкой адекватности. Во-вторых, необходимо разработать формализованные модели представления исходных данных для выбранных видов имитационного моделирования, которые, как и в первом случае, обеспечат возможность автоматического преобразования данных из внутреннего представления.

ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ МОДЕЛИ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТА МОНИТОРИНГА В СИСТЕМЕ

Объекты учета (ОУ) системы административного мониторинга, представляющие собой объекты и процессы реального мира, дискретны и исчислимы. Каждый тип объекта учета обладает определенным набором показателей, состояние которых отслеживается в процессе мониторинга.

Краткое описание формализованной модели структуры хранения данных в системе административного мониторинга приведено ниже [4].

Основными информационными объектами (абстракциями) модели структуры хранения являются следующие множества: V_t – множество типов, P – множество показателей (при этом множество всевозможных наборов показателей – $2^P = \{X_P \mid X_P \subset P\}$), V_o – множество экземпляров объектов учета.

Элементы приведенных выше множеств вступают в отношения ассоциации и агрегации. Описание соответствующих отношений приведено ниже.

1. Отношение агрегации типов объектов учета E_t представляется множеством родительских связей типов, являющимся подмножеством декартова произведения $V_t \times V_t$:

$$E_t = \{(t_i, t_j) \mid (t_i \in V_t) \& (t_j \in V_t)\}.$$

Элемент данного множества e_t представляет собой упорядоченную пару типов «родитель (t_i) – потомок (t_j)» соответственно.

2. Отношение ассоциации объектов учета и типов объектов учета E_{to} представляется следующим множеством:

$$E_{to} = \{(t, o) \mid t \in V_t \& o \in V_o\}.$$

Элемент данного множества e_{to} представляет факт принадлежности объекта учета o типу объектов учета t .

3. Отношение ассоциации показателей и типов объектов учета R_{tp} представляется подмножеством декартова произведения множеств 2^P и V_t :

$$R_{tp} = \{(X_P, t) \mid X_P \subset P \& t \in V_t\}.$$

Элемент данного множества r_{tp} представляет факт наличия у каждого из объектов учета типа t множества показателей X_P .

4. Отношение агрегации объектов учета E_o представляется множеством попарных связей объектов учета «родитель (o_i) – потомок (o_j)». Возможность существования такого отношения определяется связями соответствующих объектам учета типов t_i и t_j . Таким образом, получаем множество связей объектов учета:

$$E_o = \{(o_i, o_j) \mid \exists e_{toi} = (o_i, t_i), e_{toj} = (o_j, t_j), e_t = (t_i, t_j)\}.$$

5. Отношение ассоциации типизированных объектов учета и наборов показателей R_{po} представляется композицией определенных выше множеств E_{to} и R_{tp} :

$$R_{po} = E_{to} \circ R_{tp} = \{(o, X_P) \mid o \in V_o \& X_P \subset P \& \exists t \in V_t, e_{to} = (t, o) \& r_{tp} = (X_P, t)\}.$$

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Имитационное моделирование представляет собой процесс построения обобщенной компьютерной модели системы с алгоритмическим описанием основных правил ее поведения и процессов. Имитационная модель, как правило, создается для ответа на вопросы «что, если...», т.е. для исследования возможных сценариев развития системы при вариации определенных параметров. После создания модели с ней проводят многочисленные компьютерные симуляции – имитационные эксперименты. В ходе них идет итерационный процесс уточнения или отбрасывания гипотез, использовавшихся для описания системы. Имитационную модель можно рассматривать как множество правил, определяющих процессы функционирования некоторой системы и ее переходов из одного временного состояния в следующее. Эти правила могут определяться любым доступным для компьютера способом – в виде блок-схем, дифференциальных уравнений, диаграмм состояний, автоматов, сетей. Имитационные модели, как правило, менее формализованы, чем аналитические, система описывается «как она есть», в терминах, максимально приближенных к реальным [5].

В имитационном моделировании к настоящему моменту сложились три самостоятельные парадигмы – системная динамика, дискретно-событийное и агентное моделирование. Они соответствуют разным уровням абстракции при создании модели, что обуславливает применение того или иного подхода. Принято различать три уровня абстракции: высокий (стратегический), средний (тактический) и низкий (оперативный). При низком уровне моделируется поведение отдельных объектов, но, в отличие от физического моделирования, используются не точные траектории и времена, а их усредненные или стохастические значения. На среднем уровне абстракции обычно оперируют с расписаниями, задержками, мощностями и емкостями, физическое перемещение при этом не анализируется.

Здесь абстрагируются от индивидуальных свойств объектов моделирования и в основном рассматривают их потоки. При высоком уровне абстракции в модели, как правило, отсутствуют индивидуальные объекты сами по себе, а оперируют лишь с их количеством и агрегированными показателями [5].

С точки зрения модели хранения, в системе административного мониторинга три уровня абстракции при имитационном моделировании можно соотнести с уровнями объекта учета.

Проанализируем возможность применения различных методов имитационного моделирования для решения задач административного мониторинга.

Подходом, соответствующим низкому и среднему уровню абстракции, является дискретно-событийное моделирование. Его концепцию предложил в 60-х годах прошлого века Джеффри Гордон, разработав популярное и сегодня программное средство GPSS [5].

Дискретно-событийное моделирование используется для построения модели, отражающей развитие системы во времени, когда состояние переменных меняется мгновенно в конкретные моменты времени. В такие моменты времени происходят события, при этом событие определяется как мгновенное возникновение, которое может изменить ход системы. Динамическая природа дискретно-событийных имитационных моделей требует, чтобы мы следили за текущим значением имитационного времени по мере функционирования имитационных моделей. Существуют два основных способа продвижения модельного времени: продвижение времени от события к событию и продвижение времени с постоянным шагом. Поскольку первый подход используется всеми основными имитационными программами и большинством разработчиков, создающих модели на универсальных языках, а также с учетом того, что второй подход является разновидностью первого, в дальнейшем будем рассматривать такой подход как продвижение времени от события к событию [6].

Хотя моделирование применяется к самым разнообразным реальным системам, все дискретно-событийные модели включают ряд общих компонентов. Логическая организация этих компонентов позволяет обеспечивать программирование, отладку и последующее изменение программы имитационной модели. В частности, дискретно-событийная имитационная модель, которая использует механизм продвижения времени от события к событию и написана на универсальном языке, содержит следующие компоненты [6]:

- состояние системы – совокупность переменных состояния, необходимых для описания системы в определенный момент времени;
- часы модельного времени – переменная, указывающая текущее значение модельного времени;
- список событий – список, содержащий время возникновения каждого последующего типа событий;
- статистические счетчики – переменные, предназначенные для хранения статистической информации о характеристике системы;
- программа инициализации – подпрограмма, устанавливающая в исходное состояние имитационную модель в момент времени, равный 0;
- синхронизирующая программа – подпрограмма, которая отыскивает следующее событие в списке событий и затем переводит часы модельного времени на время возникновения этого события;
- программа обработки событий – подпрограмма, обновляющая состояние системы, когда происходит событие определенного типа;
- библиотечные программы – набор подпрограмм, применяемых для генерации случайных наблюдений из распределений вероятностей, которые были определены как часть имитационной модели;
- генератор отчетов – подпрограмма, которая считывает оценки (со статистических счетчиков) критериев работы и выдает отчет по окончании моделирования;

– основная программа – подпрограмма, которая вызывает синхронизирующую программу для того, чтобы определить следующее событие, а затем передает управление соответствующей событийной программе с целью обеспечения заданного обновления состояния системы. Основная программа также может контролировать необходимость прекращения моделирования и вызывает генератор отчетов по его окончании.

Исходя из вышеописанного, можно сделать вывод, что с помощью дискретно-событийного моделирования возможно построение качественных адекватных моделей для объектов учета низкого и среднего уровней в системе административного мониторинга.

Высокому уровню абстракции в имитационном моделировании соответствует подход системной динамики, предложенный в 50-х годах прошлого века американским ученым Джеймом Форрестером. При данном подходе не рассматриваются индивидуальные объекты, а лишь их количества и агрегированные показатели [5]. Системная динамика применяется тогда, когда нет необходимости или возможности исследовать влияние отдельных объектов, а достаточно изучить поведение системы на уровне агрегированных величин. Форрестер предложил использовать для этого понятия «накопители» (stocks) и «потоки» между ними (flows). Накопители могут относиться к различным материальным объектам, например, к людям в демографических моделях, товарам, деньгам при моделировании баланса на рынке, природным ресурсам в задачах экологии. С формальной точки зрения системно-динамическая модель представляет собой систему дифференциальных (в частном случае алгебраических) уравнений, определяющую потоки между накопителями. Отличительной чертой системной динамики является неразличимость объектов, находящихся в одном накопителе. Их невозможно индивидуализировать, приписав различные свойства, логику поведения или процесс обработки. Все взаимосвязи задаются на уровне накопителей, то есть между агрегированными величинами. Системно-динамические модели обычно применяются при стратегическом анализе и долгосрочном планировании [5].

С помощью системной динамики возможно построение качественных адекватных моделей для объектов учета высокого уровня в системе административного мониторинга.

Следующим методом в имитационном моделировании является агентное моделирование. Агент представляет собой индивидуализированный активный объект, который может обозначать человека, транспортное устройство, компанию, населенный пункт. В зависимости от того, какой объект представляет собой агент, модель может соответствовать высокому уровню абстракции (агент – компания, страна), среднему (агент – транспортная единица), низкому (агент – отдельный человек) или сочетать несколько уровней. Таким образом, агентное моделирование является наиболее универсальным [5]. Основным отличием агентного подхода от первых двух является построение модели по принципу «снизу-вверх». Зависимости между агрегированными величинами не задаются, исходя из знаний о реальном мире, а получаются в процессе моделирования индивидуального поведения десятков, сотен или тысяч агентов, их взаимодействия друг с другом и с объектами, моделирующими окружающую среду. У агентов появляется возможность «общаться» между собой, обмениваться информацией, предпочтениями, влияя тем самым на поведение друг друга. Модель может учитывать пространственные характеристики, взаиморасположение агентов по отношению друг к другу и к объектам окружающей среды. К преимуществам агентного подхода следует отнести: отсутствие предопределенности в поведении системы на глобальном уровне, что может привести к появлению новых гипотез о ее функционировании в ходе симуляции модели; реализм и гибкость в описании системы, возможность моделировать самые сложные нелинейные обратные связи, использовать любой необходимый уровень детализации и абстракции [5].

Для описания поведения агентов используются карты состояний, которые представляют фактически тот же конечный автомат с несколькими удобными дополнениями, предложенными Давидом Харелом, принятыми мировым моделирующим сообществом и вошедшими в стандартный UML (The Unified Modeling Language) [7].

С помощью агентного моделирования возможно построение качественных адекватных моделей для объектов учета любого уровня в системе административного мониторинга. Это вид имитационной модели наиболее естественно подходит для данных системы административного мониторинга, так как объект учета со всеми его показателями представляет собой агента с его характеристиками.

ФОРМАЛИЗОВАННЫЕ МОДЕЛИ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ДАННЫХ В ПРОМЕЖУТОЧНОМ СЛОЕ МЕЖДУ СИСТЕМОЙ МОНИТОРИНГА И СИСТЕМОЙ МОДЕЛИРОВАНИЯ

В результате проведенного выше анализа можно построить формализованные модели представления данных в промежуточном слое между системой административного мониторинга и системой имитационного моделирования.

Для дискретно-событийного метода модель будет иметь вид следующей функции:

$$F(V_o, P) \rightarrow (V_o', P', R),$$

где на вход функции подаются:

- V_o – множество экземпляров объектов учета;
- P – множество всех показателей ОУ;

на выходе имеются:

- множество $V_o' \subset V_o$ – список объектов учета низкого и среднего уровней, которые необходимы для имитационного моделирования;
- множество P' – список показателей объектов учета низкого и среднего уровней (множества V_o'), хранящихся непосредственно в базе данных административного мониторинга и агрегированных (итоговых) показателей, получаемых при формировании отчетов. Эти показатели будут отражать компонент дискретно-событийной модели «состояние системы»;
- множество R – частота появления объектов учета низкого и среднего уровней. Это множество агрегированных (итоговых) показателей, они необходимы, чтобы узнать распределение вероятностей для генерации случайных наблюдений компонента дискретно-событийной модели «библиотечные программы».

Для метода системной динамики модель будет иметь вид следующей функции:

$$F(V_o, P, E_o) \rightarrow (V_o', P', E_o'),$$

где на вход функции подаются:

- V_o – множество экземпляров объектов учета;
- P – множество всех показателей ОУ;
- E_o – множество связей объектов учета;

на выходе имеются:

- множество $V_o' \subset V_o$ – список объектов учета высокого уровня, которые будут являться накопителями;
- множество P' – список показателей объектов учета высокого уровня (множества V_o'), хранящихся непосредственно в базе данных административного мониторинга и агрегированных (итоговых) показателей, получаемых при формировании отчетов. Эти показатели необходимы для задания начального значения накопителей и для величины потоков между накопителями;
- множество $E_o' \subset E_o$ – сеть родительских связей между объектами учета высокого уровня для отображения возможных потоков между накопителями.

Для агентного метода модель будет иметь следующий вид:

$$F(V_o, P) \rightarrow (V_o', P'),$$

где на вход функции подаются:

- V_o – множество экземпляров объектов учета;
- P – множество всех показателей ОУ;

на выходе имеются:

– множество $V_o' \subset V_o$ – список объектов учета, которые будут являться агентами;
 – множество P' – список показателей объектов учета (агентов), хранящихся непосредственно в базе данных административного мониторинга и агрегированных (итоговых) показателей, получаемых при формировании отчетов. Эти показатели необходимы для задания характеристик самих агентов, также на основании некоторых из них можно сформировать список состояний для создания карты состояний агентов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье был проведен анализ существующих методов имитационного моделирования, с помощью которых можно построить прогноз по результатам административного мониторинга. В результате данного анализа было выявлено, что некоторые методы имитационного моделирования могут быть применены для построения адекватных моделей только для объектов учета определенного уровня: системная динамика – высокий уровень, дискретно-событийное моделирование – низкий и средний уровень; агентные модели являются универсальными, и могут применяться для объектов учета любого уровня. Для данных методов имитационного моделирования были разработаны формализованные модели представления исходных данных, которые обеспечивают возможность автоматического преобразования данных из внутреннего представления системы административного мониторинга в формат, пригодный для импорта в систему имитационного моделирования.

Примечание: исследования проводились при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований и Правительства Орловской области, грант № 12-07-97528-р_центр_а.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фролов А.И., Лукьянов П.В. Исследование характеристик выходных наборов данных системы административного мониторинга в контексте автоматизации прогнозирования состояния объекта мониторинга // Вестник компьютерных и информационных технологий, 2013. – № 1 – С. 17-21.
2. Лукьянов П.В., Фролов А.И. Моделирование процессов анализа и контроля данных административного мониторинга при автоматизации управления организационно-техническими системами // Информационные системы и технологии, 2012. – № 6(74). – С. 84-90.
3. Лукьянов П.В., Фролов А.И., Ашихмин С.И. К вопросу о прогнозировании состояния объекта мониторинга // Информационные технологии в науке, образовании и производстве. ИТНОП-2012: материалы V-й Международной научно-технической конференции [Электронный ресурс]. – URL: <http://irsit.ru/files/article/223.pdf>. – 6 с.
4. Константинов И.С. Модель хранения данных в адаптивной автоматизированной системе административного мониторинга / И.С. Константинов, А.И. Фролов, Н.А. Кравцова // Информационные системы и технологии, 2010. – № 4(60). – С. 66-73.
5. Сидоренко В.Н., Красносельский А.В. Имитационное моделирование в науке и бизнесе: подходы, инструменты, применение // Бизнес-информатика, 2009. – № 2(08). – С. 52-57.
6. Кельтон В., Лоу А. Имитационное моделирование. Классика CS. 3-е изд. – СПб.: Питер: Киев: Издательская группа BHV, 2004. – 847 с.: ил. ISBN 5-94732-981-7, ISBN 966-552-118-7.
7. Борщев А.В. Практическое агентное моделирование и его место в арсенале аналитика. Имитационное моделирование. Теория и практика // Сборник докладов второй всероссийской научно-практической конференции «Имитационное моделирование и его применение в науке и промышленности» (ИММОД-2005). Том I. – Санкт-Петербург, 2005. – С. 11-23.

Фролов Алексей Иванович

ФГБОУ ВПО Госуниверситет – УНПК, г. Орел

Кандидат технических наук, доцент, заместитель директора УНИИ ИТ по научной работе и инновациям, докторант

Тел.: 8 (4862) 43-56-11

E-mail: aifrolov@ostu.ru

Лукьянов Павел Вадимович

ФГБОУ ВПО Госуниверситет – УНПК, г. Орел

Младший научный сотрудник УНИИ СПО УНИИ ИТ

Тел.: 8 (4862) 76-19-10

E-mail: ckboji@gmail.com

A.I. FROLOV (*Candidate of Engineering Science, Deputy Director of ERI IT for Research and Innovation, Doctoral Candidate*)

P.V. LUK'YANOV (*Junior Research Associate of TRL SS ERI IT
State University – ESPC, Orel*)

THE POSSIBILITY OF THE SIMULATION OF THE CONTROL OBJECT STATE ON BASIS OF ADMINISTRATIVE MONITORING DATA

In this article question of the administrative monitoring object state prediction with use simulation is considered. Analysis of the simulation methods: discrete-event simulation, system dynamics and agent-based modeling is performed. Assessment of the applicability of these methods for solving the administrative monitoring problems is given. Models of representation of the source data for the selected methods are composed.

Keywords: *monitoring; simulation; discrete-event simulation; system dynamics; agent-based modeling.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Frolov A.I., Luk'yanov P.V. Issledovanie xarakteristik vy'xodny'x naborov danny'x sistemy' administrativnogo monitoringa v kontekste avtomatizacii prognozirovaniya sostyaniya ob'ekta monitoringa // Vestnik komp'yuterny'x i informacionny'x tehnologij, 2013. – № 1 – S. 17-21.
2. Luk'yanov P.V., Frolov A.I. Modelirovanie processov analiza i kontrolya danny'x administrativnogo monitoringa pri avtomatizacii upravleniya organizacinnno-technicheskimi sistemami // Informacionny'e sistemy' i tehnologii, 2012. – № 6(74). – S. 84-90.
3. Luk'yanov P.V., Frolov A.I., Ashixmin S.I. K voprosu o prognozirovanii sostoyaniya ob'ekta monitoringa // Informacionny'e tehnologii v nauke, obrazovanii i proizvodstve. ITNOP-2012: materialy' V-j Mezhdunarodnoj nauchno-technicheskoy konferencii [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://irsit.ru/files/article/223.pdf>. – 6 s.
4. Konstantinov I.S. Model' xraneniya danny'x v adaptivnoj avtmatizirvannoj sisteme administrativnogo monitoringa / I.S. Konstantinov, A.I. Frolov, N.A. Kravczova // Infrmacionny'e sistemy' i tehnologii, 2010. – № 4(60). – S. 66-73.
5. Sidorenko V.N., Krasnosel'skij A.V. Imitacionnoe modelirovanie v nauke i biznese: podxody', instrumenty', primeneniye // Biznes-informatika, 2009. – № 2(08). – S. 52-57.
6. Kel'ton V., Lou A. Imitacionnoe modelirovanie. Klassika CS. 3-e izd. – SPb.: Piter: Kiev: Izdatel'skaya gruppa BHV, 2004. – 847 s.: il. ISBN 5-94732-981-7, ISBN 966-552-118-7.
7. Borshhev A.V. Prakticheskoe agentnoe modelirovanie i ego mesto v arsenale analitika. Imitacionnoe mdelirvanie. Teoriya i praktika // Sbornik dokladov vtoroj vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Imitacionnoe modelirovanie i ego primeneniye v nauke i promy'shlennosti» (IMMOD-2005). Tom I. – Sankt-Peterburg, 2005. – S. 11-23.

УДК 502.12

О.А. ИВАЩУК, О.Д. ИВАЩУК

АВТОМАТИЗАЦИЯ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИЕЙ НА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

В предлагаемой статье представлены результаты моделирования адаптивной автоматизированной системы управления экологической ситуацией на урбанизированной территории; определенные функции и реализующие их основные компоненты моделируемой системы; исследованы методы интеллектуализации системы при проведении мониторинга и поддержки принятия управленческих решений. Представлены результаты построения модели для проведения на базе системы управления рассматриваемого класса интегральной оценки динамики экологической ситуации на урбанизированной территории.

Ключевые слова: автоматизированная система управления; экологическая ситуация; моделирование; интеллектуализация; интегральная оценка.

Современное развитие информационно-телекоммуникационных технологий, методов компьютерного и математического моделирования, средств автоматизации и поддержки принятия решений позволяет создавать адаптивные автоматизированные системы для эффективного решения проблем в области управления экологической безопасностью территорий различного уровня. Основные требования к подобным системам – адекватность динамике параметров и структуры природных и техногенных объектов внешней среды, реализация объективного и оперативного управления. При этом сегодня актуально не только создание систем управления данного класса, но и обеспечение их интеллектуализации, прежде всего, при поддержке принятия управленческих решений, когда процесс формирования альтернативных сценариев управления передается от человека к компьютеру для более точной, быстрой и надежной реализации. Для этого необходим синтез функционирования автоматизированной системы управления на базе специально разработанных моделей.

Следует отметить, что подобные интеллектуальные автоматизированные системы управления экологической ситуацией на урбанизированной территории должны стать неотъемлемой частью общей интеллектуальной сети «умного города» и способствовать обеспечению высокого уровня качества жизни населения.

Основной целью проведения научных исследований ставилось повышение эффективности мониторинга, прогнозирования и управления экологической ситуацией на урбанизированной территории на основе использования перспективных интеллектуальных технологий моделирования. Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- проведение анализа существующих технологий мониторинга и управления в области обеспечения экологической безопасности территории;
- разработка концептуальной модели объекта интеллектуального мониторинга, являющегося одновременно объектом управления автоматизированной системы управления экологической ситуацией на урбанизированной территории, анализ модели;
- моделирование и определение структуры автоматизированной системы управления экологической ситуацией на урбанизированных территориях;
- разработка моделей оценки и прогнозирования экологической ситуации для интеллектуализации подсистемы мониторинга;

- разработка модели формирования альтернативных сценариев управления экологической ситуацией для интеллектуализации процесса поддержки принятия решений;
- формирование алгоритма, реализующего разработанные модели;
- актуализация созданной технологии управления экологической ситуацией на конкретной урбанизированной территории.

При построении адекватной модели автоматизированной системы управления экологической ситуацией на урбанизированной территории и моделей ее основных подсистем использовались разработанная ранее обобщенная модель автоматизированной системы управления экологической безопасностью промышленно-транспортного комплекса и методология построения конкретных систем данного класса [1-3]. В данную модель были внесены существенные изменения, обусловленные требованиями учета особенностей территории, адаптации и интеллектуализации моделируемой системы:

- многокомпонентное представление объекта управления, учитывающее особенность урбанизированной территории, связанную с существенным влиянием развития социальной сферы, характеризуемой параметрами качественной оценки;
- вынесение блоков принятия управленческих решений и реализации управляющих воздействий в отдельные составляющие системы управления, введение внутренних контуров управления, реализующих адаптивность системы;
- интеллектуализация системы мониторинга за счет введения блоков, реализующего оценку и предварительный прогноз экологической ситуации на основе специально разработанных моделей и программ.

Проведено исследование и построена концептуальная модель экологической ситуации урбанизированной территории как объекта мониторинга, который рассматривается одновременно в качестве объекта управления для автоматизированной системы управления. Экологическая ситуация урбанизированной территории представлена не «черным ящиком», как традиционно представляются объекты экологического мониторинга, а имеющей определенную структуру многокомпонентной системой состояний природных, социальных и техногенных объектов, влияющих на здоровье и жизнедеятельность населения, которая формально описывается следующим образом:

$$\Sigma_{Oy} = \langle W_{Oy}, Q, R, F_{Oy}, O_{Oy} \rangle,$$

где W_{Oy} – множество компонентов объекта управления; Q – внешние воздействия на W_{Oy} ; R – множество состояний элементов W_{Oy} ; F_{Oy} – отображения на W_{Oy} , Q и R .

Определены основные составляющие W_{Oy} : природная система – множество компонентов природной среды на урбанизированной территории (атмосфера, акустическая среда, водные, почвенные ресурсы и др.), подвергающихся негативному воздействию и влияющих на качество жизни населения; техническая система – множество техногенных объектов, воздействующих на природную среду; социальная система – множество элементов социума (человеческий фактор), влияющих на динамику экологической ситуации. Итак, объект управления моделируемой системы – сложная динамичная природно-социотехническая система.

Определены следующие функции адаптивной автоматизированной системы управления экологической ситуацией на урбанизированной территории, в которой реализуется интеллектуализация поддержки принятия решений: проведение интеллектуального мониторинга; автоматизированное накопление, обработка и хранение данных; автоматизированное формирование альтернативных сценариев управления; выработка и реализация рациональных управляющих воздействий; обмен информацией подсистем между собой и с внешней средой. Основные компоненты моделируемой системы управления: объект управления, описанный выше как сложная динамичная природно-социотехническая система; управляющая система; исполнительная система, реализующая конкретные управляющие воздействия; система интеллектуального мониторинга, объединяющая контрольно-измерительный блок, блок оценки и пространственного анализа

экологической ситуации и блок прогнозирования развития экологической ситуации; интеллектуальная система поддержки принятия решений, в которой обрабатывается собранная информация в форму, пригодную для поддержки принятия решений, формируются сценарии управления и сигналы, являющиеся управляющими для других подсистем.

Разработана модель интегральной оценки динамики экологической ситуации на урбанизированной территории, модели оценки и прогнозирования качества отдельных компонентов природной среды, а также модели формирования альтернативных сценариев развития экологической ситуации при изменении внешних параметров и реализации управляющих воздействий на техническую и социальную подсистемы.

Экологическая ситуация на урбанизированной территории характеризуется совокупным состоянием качества различных компонентов природной среды, которые оказывают влияние на здоровье и жизнедеятельность населения. При построении ее модели в данной работе используется понятие лингвистической переменной (для формирования характеристики) и аппарат нечеткой логики (для синтеза знаний о состоянии отдельных компонентов природной среды). Введена лингвистическая переменная

$$ES = \langle S, T, B, R, H \rangle,$$

где S – «экологическая ситуация на рассматриваемой территории»; T – терм-множество переменной S , областью определения которого является числовое множество B ; R – синтаксические правила, порождающие название термина; H – семантические правила.

$T = \{T_1, T_2, T_3, T_4, T_5\}$, где термы: T_1 = «нормальная» – показатели качества всех компонентов природной среды соответствуют нормативам для данной территории; T_2 = «относительно опасная» – загрязнение отдельных компонентов природной среды превышает допустимый уровень, но отклонения от норм не являются устойчивыми (в пространстве и во времени); T_3 = «опасная» – загрязнение каждого из компонентов природной среды превышает допустимый уровень, но без образования устойчивых экологически опасных зон, или загрязнение только отдельных компонентов превышает допустимый уровень, но отклонение от нормы является значительным и способствует образованию устойчивых экологически опасных зон; T_4 = «очень опасная» – характеристики качества всех компонентов природной среды не соответствуют нормам, при этом отклонения для некоторых из них являются значительными и способствуют образованию устойчивых экологически опасных зон; T_5 = «критическая» – загрязнение всех компонентов природной среды значительно превышает допустимый уровень с образованием устойчивых экологически опасных зон.

Термы T_2, T_3, T_4, T_5 характеризуют неблагоприятную экологическую ситуацию. Целесообразно использование составной лингвистической переменной

$$ES = (S_1, S_2, \dots, S_j),$$

где $S_j \in ES$ («уровень загрязнения воздушного бассейна», «уровень загрязнения воды», «скопление отходов» и др.), $j=1, \dots, J$.

Процесс классификации экологической ситуации в данном случае проходит как анализ взаимодействия ряда частей, включенных в ES , а результат является синтезированным. Для его реализации разработан набор условных правил логического вывода.

Для разработки моделей оценки и прогнозирования качества отдельных компонентов природной среды на территории жилой застройки, а также моделей выбора управляющих воздействий (как вариации параметров техногенных и социальных объектов) использован аппарат искусственных нейронных сетей.

Программная реализация построенных моделей осуществлена на платформе системы компьютерной математики MATLAB. Создан программный комплекс «Оценка и прогнозирование уровня экологической ситуации на урбанизированной территории» (5 модулей) для проведения следующих компьютерных экспериментов: по оценке и

прогнозированию концентрации CO , NO_2 , SO_2 в атмосфере и эквивалентного уровня шума на урбанизированных территориях; по оценке экологической ситуации по состоянию воздушного бассейна; по выбору управляющих воздействий.

Проведено применение разработанного теоретического аппарата для построения и использования моделей экологической ситуации и их программной реализации для города Орла.

Предложен алгоритм формирования рекомендаций при функционировании автоматизированной системы управления экологической ситуацией на конкретной урбанизированной территории, включающий в себя различные формы сценариев развития экологической ситуации.

Итак, в результате проведенных исследований авторами предлагается модель автоматизированной системы управления экологической ситуацией на урбанизированной территории, в которой уже на уровне системы мониторинга возможны оценка и предварительное прогнозирование развития экологической ситуации. Объект мониторинга, который одновременно является и объектом управления, рассматривается как система, одна из составляющих которой характеризуется только параметрами качественной оценки. Это не «черный ящик», а многокомпонентная система с определенной структурой и механизмами взаимодействия подсистем между собой, с подсистемами автоматизированной системы управления и внешней средой.

Представлена модель интегральной оценки динамики экологической ситуации на урбанизированной территории по совокупному состоянию различных компонентов природной среды, подвергающейся негативному техногенному воздействию. В основе данной модели лежит применение лингвистического подхода и аппарата нечеткой логики при формировании первичных и синтезе новых знаний. Разработан алгоритм формирования рекомендаций для управления экологической ситуацией при функционировании автоматизированной системы управления, отличительной особенностью которого является применение реализаций построенных моделей оценки, прогнозирования и выбора управляющих воздействий.

На основе оценок и прогнозов, проведенных с использованием разработанных программных комплексов, выявлены территории в г. Орле (Россия), которые характеризуются неблагоприятной экологической ситуацией различного уровня по состоянию воздушного бассейна (устойчивые зоны химического загрязнения и акустического дискомфорта); для этих территорий разработаны мероприятия, в том числе оперативные, по снижению негативного техногенного влияния на воздушный бассейн жилого комплекса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иващук О.А., Константинов И.С. Теоретические основы построения автоматизированной системы управления экологической безопасностью промышленно-транспортного комплекса: монография. – М: Машиностроение, 2009. – 205 с.
2. Иващук О.А. Автоматизированные системы управления экологической безопасностью. Теоретические основы построения и интеллектуализации: монография. – Изд-во Palmarium Academic Publishing, 2012. – 224 с.
3. Иващук О.А., Константинов И.С., Иващук О.Д. Моделирование автоматизированной системы управления экологической безопасностью территории жилой застройки // Жилищное строительство, 2012. – № 3. – С. 32-34.

Иващук Ольга Александровна

ФГБОУ ВПО Орловский государственный аграрный университет, г. Орел

Доктор технических наук, доцент

E-mail: olga.ivashuk@mail.ru

Иващук Орест Дмитриевич

ФГБОУ ВПО Орловский государственный аграрный университет, г. Орел

Кандидат технических наук
E-mail: orest-ivashuk@yandex.ru

O.A. IVASHHUK (*Doctor of Engineering Science, Associate Professor*)

O.D. IVASHHUK (*Candidate of Engineering Science*)
Orel State Agrarian University, Orel

AUTOMATION AND INTELLECTUALIZATION OF ECOLOGICAL SITUATION'S CONTROL IN THE URBANIZED TERRITORIES

In the paper results of simulation of an adaptive automated control system by an ecological situation in the urbanized territory, methods of system's intellectualization of carrying out monitoring and support of administrative decisions' acceptance are provided. Functions of simulated system and principal components implementing them are provided. Results of creation of model for carrying out an integral estimation of ecological situation's dynamics are provided.

Keywords: *automated control system; ecological situation; simulation; intellectualization; integral estimation.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Ivashhuk O.A., Konstantinov I.S. Teoreticheskie osnovy' postreniya avtomatizirovannoj sistemy' upravleniya e'kologicheskoy bezopasnost'yu promy'shlenno-transportnogo kompleksa: monografiya. – M: Mashinostroenie, 2009. – 205 s.
2. Ivashhuk O.A. Avtmatizirovanny'e sistemy' upravleniya e'kologicheskoy bezopasnost'yu. Teoreticheskie osnovy' postreniya i intellektualizacii: monografiya. – Izd-vo Palmarium Academic Publishing, 2012. – 224 s.
3. Ivashhuk O.A., Konstantinov I.S., Ivashhuk O.D. Modelirovanie avtomatizirovannoj sistemy' upravleniya e'kologicheskoy bezopasnost'yu territorii zhiloy zastrojki // Zhilishhnoe stroitel'stvo, 2012. – № 3. – S. 32-34.

УДК 004.94

С.А. ЛУПИН, ТХАН ЗО У, ТАН ШЕЙН, ЧЖО ЧЖО ЛИН

ВЛИЯНИЕ МЕТОДОВ ОТОБРАЖЕНИЯ ДАННЫХ НА ИНФОРМАЦИОННУЮ НАГРУЗКУ ДИСПЕТЧЕРОВ

Представлены результаты исследования влияния методов отображения данных на экранах операторов диспетчерских систем на время принятия решения. Показано, что предобработка входных данных позволяет снизить информационную нагрузку на операторов в стрессовых ситуациях, повысить точность принимаемых решений.

Ключевые слова: диспетчерские службы систем обслуживания; методы представления данных; снижение стрессовой нагрузки.

Окружающий человека мир меняется каждый день. И происходит это не под воздействием сил природы, а благодаря активному и целенаправленному вмешательству людей в окружающее нас пространство. Мы изменяем его в соответствии со своими запросами и представлениями. Методы, которые человек использует при этом, не всегда соответствуют его сущности как части живого мира.

Одним из наиболее ярких примеров такого несоответствия можно считать повсеместное внедрение цифровых систем [1]. Человек, как и все окружающие нас живые организмы, эволюционно приспособлен к восприятию и обработке информации в аналоговой форме. Зрение, слух, обоняние и осязание позволяют нам тонко реагировать даже на незначительные изменения параметров внешней среды безо всякой оцифровки информации. Техногенная среда, создаваемая сегодня, напротив, требует от человека умения воспринимать и оперативно обрабатывать потоки цифровых данных, производимых компьютерами. Конечно, люди пытаются реагировать на подобные вызовы и создают множество устройств, обеспечивающих человеко-машинное взаимодействие в естественной для нас форме [2]. Но пока эти усилия не приводят к снижению остроты проблемы. Более того, технический прогресс приводит к возникновению и новых областей, в которых взаимодействие человека с цифровыми системами становится критичным.

Успехи в развитии средств связи и компьютерной техники значительно интенсифицировали процессы интеграции управляющих систем. Современные мегаполисы не могут существовать без развитых распределенных систем обслуживания (РСО), которые обеспечивают безопасные и комфортные условия проживания в них. Ключевой фигурой подобных систем является диспетчер, человек, который отвечает за распределение имеющихся ресурсов между поступающими в систему заявками. Пожарные службы, медицина, коммунальное хозяйство используют в своей работе именно такую архитектуру систем управления. Централизация управления ведет к возрастанию информационной нагрузки на операторов диспетчерских служб, что является причиной возникающего у них психологического стресса [3]. Используя современные средства отображения информации, можно уменьшить такое негативное воздействие.

МЕТОДЫ ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ

В работе [4] рассмотрено несколько методов представления информации на пультах диспетчерских систем. Суть этих методов сводится к тому, чтобы минимизировать долю цифровых данных, необходимых оператору для принятия решения, а большую часть информации представлять в аналоговой форме. В диспетчерских системах время принятия решения оператором зависит от объема обрабатываемых им данных, следовательно, путем уменьшения количества информации можно снизить и время решения задачи. Важно, чтобы это уменьшение не приводило к снижению качества принимаемых решений.

Системы отображения информации, используемые в операторских пультах диспетчерских систем, опираются на возможности современных графических дисплеев, что позволяет изменять экран оператора только программными методами, не прибегая к дорогостоящим натурным испытаниям.

В проводимых исследованиях были использованы следующие способы представления информации на экране диспетчера (рис. 1):

1. Представление полного объема информации (эксперимент 1);
2. Ограничение рабочего поля (эксперимент 2);
3. Предобработка данных и отображение оптимального решения (эксперимент 3).

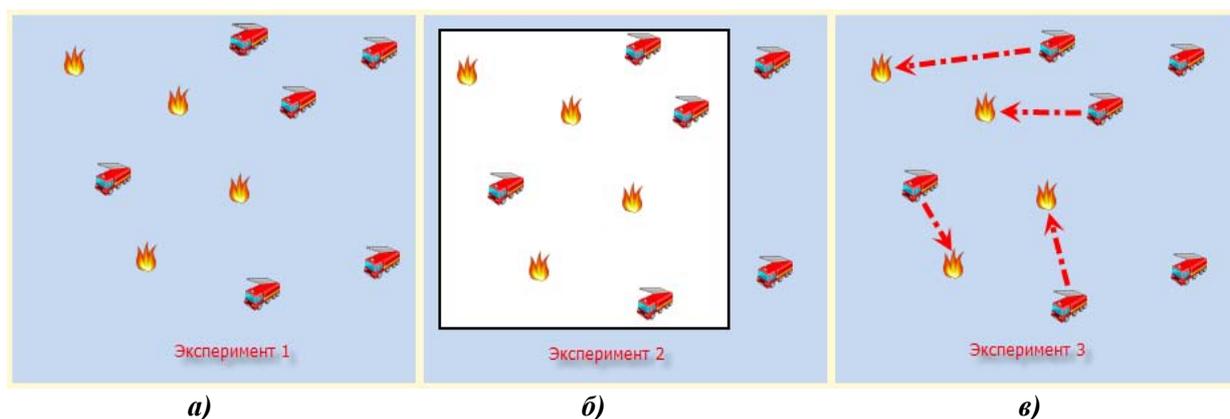


Рисунок 1 – Способы представления информации в экспериментах

Первый способ используется в экспериментах качестве контрольного.

УСЛОВИЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

В качестве тестовой мы использовали задачу распределения заявок, традиционную для диспетчерских систем. На экране операторов отображались координаты поступающих в систему обслуживания вызовов и координаты свободных в текущий момент обслуживающих устройств. Оператору необходимо распределить обслуживающие устройства между вызовами с помощью манипулятора мышь. При этом он должен минимизировать максимальное расстояние между обработчиками и заявками, влияющее на время реакции системы обслуживания. С математической точки зрения это оптимизационная задача назначения на узкие места.

В ходе экспериментов изменялось количество поступающих заявок Q и обслуживающих устройств R , т.е. сложность задачи. В качестве критериев эффективности диспетчерской системы мы использовали время принятия оператором решения T_{dec} (Time decision) и его точность D_{acc} (Decision accuracy), которые и измерялись в ходе экспериментов. Для оценки утомляемости операторов время проведения экспериментов разбивалось на пять интервалов, на каждом из которых проводилось усреднение анализируемых критериев.

Для установления зависимостей между параметрами экспериментов проведен регрессионный анализ полученных данных [5].

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Были проведены три разных серии экспериментов, в которых приняли участие 5 операторов. В каждом эксперименте оператору необходимо было решить 100 задач различной размерности. В первом эксперименте операторы должны принимать решения без дополнительной информации (рис. 1(а)). Во втором эксперименте система поддержки принятия решений формирует ограниченную зону (рис. 1(б)), в которой находится оптимальное решение. В таблице 1 приведены результаты одной из серии таких экспериментов. В третьем эксперименте система предлагает оператору готовое решение

(рис.1 (в)), которое он должен утвердить или изменить. Для нахождения решения используются алгоритмы дискретной оптимизации.

В таблице 1 в качестве примера представлены результаты одной серии экспериментов. Отметим, что в течение всех экспериментов не допускались перерывы в работе операторов. Это необходимо для объективной оценки утомляемости диспетчеров.

В таблицах 2-7 представлены усредненные данные для всех серий проведенных экспериментов. Для формирования каждой строки этих таблиц мы использовали таблицы, аналогичные таблице 1.

Таблица 1 – Точность D_{acc} (%) и время принятия оператором решения T_{dec} (сек) (эксперимент 2, Q=2, R=3)

Оператор		Временной интервал				
		1	2	3	4	5
1	T_{dec}	5,9	6,5	6,7	7,05	7,7
	D_{acc}	97,51	90,87	98,11	99,30	97,29
2	T_{dec}	7,4	8,6	7,65	9,7	9,89
	D_{acc}	97,70	93,40	95,55	95,53	99,01
3	T_{dec}	6,8	7	7,55	8,1	8,6
	D_{acc}	98,55	96,50	93,10	95,10	93,10
4	T_{dec}	5,42	6,75	6,6	7,4	8,3
	D_{acc}	96,90	96,50	95,10	87,69	91,12
5	T_{dec}	8,33	9,15	8	8,25	10,4
	D_{acc}	97,23	86,70	96,44	91,17	93,05

Таблица 2 – Время T_{dec} (сек) принятия оператором решения (эксперимент 1)

Q	R	Временной интервал				
		1	2	3	4	6
2	3	7,63	8,41	8,56	8,66	9,5
	4	7,18	7,4	8,21	8,95	9,49
3	5	9,07	9,6	9,95	9,64	10,72
	6	9,49	10,16	10,71	10,82	11,52
4	6	11,97	12,01	12,52	12,96	13,27
	7	12,67	12,93	13,27	13,41	13,84

Таблица 3 – Точность D_{acc} (%) принимаемых оператором решений (эксперимент 1)

Q	R	Временной интервал				
		1	2	3	4	5
2	3	95,41	90,90	93,06	96,04	91,42
	4	93,51	93,43	94,91	93,07	93,63
3	5	91,70	92,67	94,36	92,53	93,27
	6	90,67	90,71	94,45	90,35	89,86
4	6	91,93	92,93	92,79	93,53	94,36

	7	88,95	88,55	84,70	87,38	85,38

Таблица 4 – Время T_{dec} (сек) принятия оператором решения (эксперимент 2)

Q	R	Временной интервал				
		1	2	3	4	6
2	3	6,77	7,6	7,3	8,1	8,97
	4	6,6	7,04	7,61	8,32	8,26
3	5	8,56	8,64	9,39	9,42	9,95
	6	9,4	10,32	9,97	10,48	11,03
4	6	10,45	11,61	11,87	11,76	11,87
	7	11,14	11,83	11,88	12,22	13,18

Таблица 5 – Точность D_{acc} (%) принимаемых оператором решений (эксперимент 2)

Q	R	Временной интервал				
		1	2	3	4	5
2	3	97,58	92,79	95,66	93,76	94,71
	4	95,16	94,97	95,86	96,69	94,95
3	5	93,18	94,78	96,46	94,37	94,93
	6	93,77	94,11	93,66	94,22	93,34
4	6	93,18	94,70	95,38	94,85	95,30
	7	90,90	91,39	90,18	91,64	90,64

Таблица 6 – Время T_{dec} (сек) принятия оператором решения (эксперимент 3)

Q	R	Временной интервал				
		1	2	3	4	6
2	3	2,45	2,22	2,76	3,18	3,3
	4	2,22	1,92	2,17	2,35	3,82
3	5	3,45	2,15	1,57	2,06	2,96
	6	1,89	2,35	2,71	2,39	3,39
4	6	3,2	2,42	2,18	2	2,06
	7	3,25	1,84	2,34	3,27	3,34

Таблица 7 – Точность D_{acc} (%) принимаемых оператором решений (эксперимент 3)

Q	R	Временной интервал				
		1	2	3	4	5
2	3	99,20	99,63	99,84	98,59	98,95
	4	99,48	99,41	99,66	99,20	98,55
3	5	98,90	99,44	100,00	99,76	99,19
	6	99,13	99,13	99,22	99,70	99,85
4	6	99,23	99,40	99,91	99,58	99,77
	7	98,92	99,77	99,13	99,17	99,20

КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Утомляемость операторов негативно сказывается на критериях эффективности диспетчерской системы. Для формирования заключения об эффективности того или иного метода представления информации необходимо количественно оценить его влияние на утомляемость диспетчеров. Время проведения эксперимента мы разбили на интервалы, а для оценки полученных в экспериментах данных использовали корреляционный анализ. Выскажем предположение, что между параметрами эксперимента существуют линейные зависимости вида:

$$T_{dec} = K_1 * Interval + B_1,$$

$$D_{acc} = K_2 * Interval + B_2.$$

Величины K_1 и K_2 позволят оценить влияние различных методов отображения данных на критерии эффективности диспетчерских систем. В идеальном случае время принятия оператором решения не должно зависеть от временного интервала. С ростом значения K_1 это влияние будет увеличиваться. Аналогичные рассуждения справедливы и в отношении точности принимаемых решений и коэффициента K_2 .

Средствами MS Excel найдем значения коэффициентов регрессии K и оценим значимость корреляции \mathfrak{R} . Результаты представлены в таблицах 8 и 9.

Таблица 8 – Анализ зависимости времени принятия решения

Q	R	Корреляция					
		Эксперимент 1		Эксперимент 2		Эксперимент 3	
		K_1	\mathfrak{R}	K_1	\mathfrak{R}	K_1	\mathfrak{R}
2	3	0,41	0,94	0,49	0,92	0,27	0,91
	4	0,62	0,98	0,46	0,96	0,36	0,75
3	5	0,33	0,87	0,36	0,96	-0,11	-0,22
	6	0,47	0,90	0,34	0,89	0,3	0,86
4	6	0,36	0,97	0,3	0,78	-0,27	-0,87
	7	0,28	0,99	0,45	0,95	0,16	0,37

Результаты (табл. 8) показывают, что предобработка данных и отображение оптимального решения (эксперимент 3) позволяет существенно уменьшить информационное давление на операторов, коэффициенты K_I минимальны по сравнению с другими экспериментами для всех Q и R. В отдельных сериях мы получили значения K_I меньше 0, при этом утомляемости оператора не происходит и время принятия решения с увеличением интервала уменьшается. Это можно объяснить тем, что при высокой размерности задачи операторы в большей степени склонны доверять рекомендациям системы поддержки принятия решений и меньше времени тратить на их анализ. В случае использования ограничения рабочего поля (эксперимент 2) результаты не столь очевидны. Положительное влияние чаще проявляется при большей разнице параметров Q и R эксперимента.

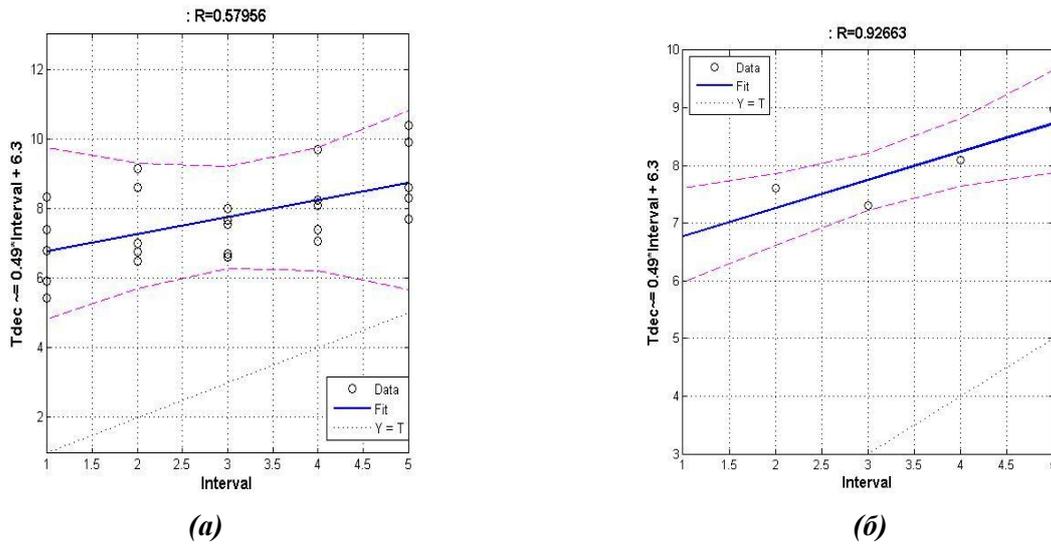


Рисунок 2 – Время принятия решения (эксперимент 2, $Q=2$, $R=3$)

На рисунке 2 представлены уравнения регрессии, отражающие зависимость времени принятия оператором решения от временного интервала. Зависимость (рис. 2(a)) получена при анализе данных таблицы 1, уравнение (рис. 2(б)) для усредненных данных эксперимента указано в первой строке таблицы 4. В обоих случаях мы получаем одинаковые коэффициенты регрессии, что подтверждает обоснованность использования усреднения для снижения сложности процедуры регрессионного анализа.

Аналогичные выводы мы можем сделать и при сравнении уравнений регрессии, отражающих зависимость точности принимаемых оператором решений от временного интервала (рис. 3).

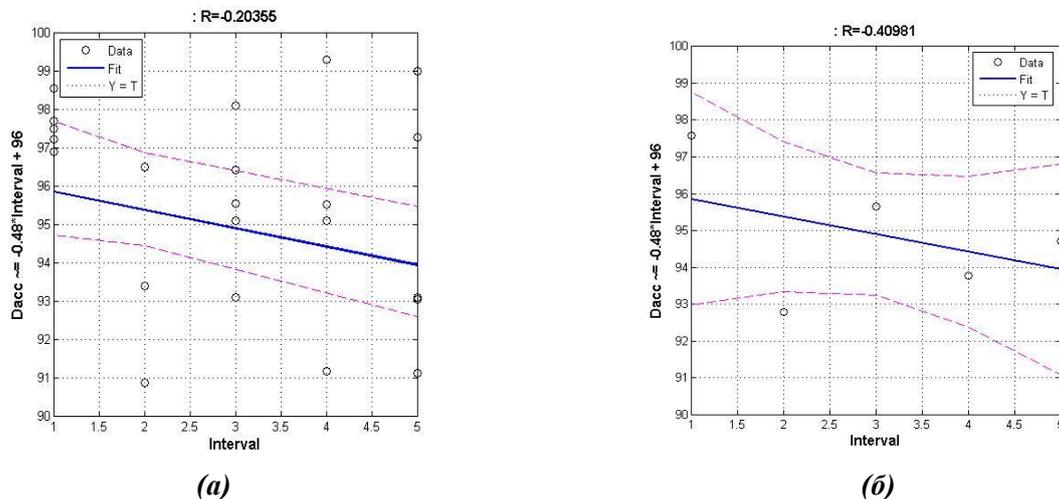


Рисунок 3 – Точность принимаемых решений (эксперимент 2, $Q=2$, $R=3$)

Результаты анализа точности решений (табл. 9) показывают, что и в этом случае предобработка данных и отображение оптимального решения (эксперимент 3) позволяет существенно снизить утомляемость операторов в стрессовых ситуациях, вызванных информационной нагрузкой. Влияние использования ограничения рабочего поля (эксперимент 2) выражено менее ярко.

Таблица 9 – Анализ точности принимаемых решений

Q	R	Корреляция					
		Эксперимент 1		Эксперимент 2		Эксперимент 3	
		K_2	\mathfrak{R}	K_2	\mathfrak{R}	K_2	\mathfrak{R}
2	3	-0,28	-0,19	-0,48	-0,40	-0,15	-0,48
	4	-0,012	-0,027	0,13	0,27	-0,21	-0,76
3	5	0,3	0,48	0,31	0,41	0,09	0,32
	6	-0,2	-0,16	-0,07	-0,33	0,2	0,92
4	6	0,55	0,95	0,44	0,78	0,13	0,72
	7	-0,83	-0,69	-0,027	-0,073	-0,004	-0,019

В подавляющем большинстве проведенных экспериментов выявлена значимая зависимость между критериями качества работы диспетчерских систем (T_{dec} и D_{acc}) и временным интервалом. Это подтверждается высокими значениями коэффициента корреляции \mathfrak{R} .

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные эксперименты подтвердили, что методы представления информации в диспетчерских системах оказывают существенное влияние на эффективность их работы. Они позволяют значительно снижать информационную нагрузку и уменьшать утомляемость операторов, повышать точность принимаемых решений и снижать время их получения.

При практическом использовании в автоматизированных системах поддержки принятия решений методов активного снижения информационной нагрузки необходимо учитывать и личностные психологические особенности операторов. В системе должны присутствовать механизмы оценки действий диспетчеров, в противном случае в стрессовых ситуациях решения, предлагаемые системой, будут приниматься без критического анализа.

Исследование таких механизмов должно стать предметом дальнейших работ.

Примечание: публикация подготовлена в рамках выполнения работ, поддержанных грантом РФФИ 13-07-00661.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.smartsystems.ru>.
2. [Электронный ресурс]. – URL: <http://meganauka.com/technologii/965-shlemy-pilotov-snabdyat-3-d-audio.html>.
3. Жовнерчук Е.В. Система психопрофилактики информационного стресса специалистов операторского профиля. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора медицинских наук. – М., 2011
4. Лупин С.А., Тхан Зо У, Чжо Мью Хтун. Методы отображения данных при управлении распределенными системами обслуживания // Информационные системы и технологии, 2012. – № 4(72). – С. 92-96.

5. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: учебное пособие для ВУЗов. – 12-е изд., перераб. – М.: Высшее образование, 2008. – 479 с.

Лупин Сергей Андреевич

Национальный исследовательский университет «МИЭТ», г. Москва, Зеленоград
Кандидат технических наук, профессор кафедры вычислительной техники
Тел.: 8 905 761 55 32
E-mail: lupin@miee.ru, papikam@rambler.ru

Тхан Зо У

Национальный исследовательский университет «МИЭТ», г. Москва, Зеленоград
Аспирант кафедры вычислительной техники
Телефон: (8)-926-491-53-12
E-mail: lawimon@gmail.com

Тан Шейн

Национальный исследовательский университет «МИЭТ», г. Москва, Зеленоград
Аспирант кафедры вычислительной техники
Тел.: 8 905 775 33 73
E-mail: mieegenius@gmail.com

Чжо Чжо Лин

Национальный исследовательский университет «МИЭТ», г. Москва, Зеленоград
Аспирант кафедры вычислительной техники
Тел.: 8 926 846 88 54
E-mail: kklin1500@gmail.com

S.A. LUPIN (*Candidate of Engineering Science, Professor of the Department of Computer Science*)

TXAN ZO U (*Post-graduate Student of the Department of Computer Science*)

TAN ShEJN (*Post-graduate Student of the Department of Computer Science*)

ChZho ChZho LIN (*Post-graduate Student of the Department of Computer Science*)
National Research University of Electronic Technology, Zelenograd

THE INFLUENCE OF DATA'S MAPPING METHODS ON INFORMATION WORKLOAD OF DISPATCHERS

Presents results the study of influence the data representation methods in dispatching systems on the time of decision. It is shown that pretreatment of input data helps to reduce information loading on operators in stressful situations, to improve the accuracy of decisions.

Keywords: *dispatching services of queuing systems; methods of data representation; stresses reduction.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.smartsystems.ru>.
2. [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://meganauka.com/technologii/965-shlemy-pilotov-snabdyat-3-d-audio.html>.
3. Zhovnerchuk E.V. Sistema psixoprofilaktiki informacionnogo stressa specialistov operatorskogo profilya. Avtoreferat dissertacii na soiskanie uchyonoj stepeni doktora medicinskix nauk. – М., 2011
4. Lupin S.A, Txan Zo U, Chzho M'yu Xtun. Metody' tobrazheniya danny'x pri upravlenii raspredelyonny'mi sistemami obsluzhivaniya // Informaciny'e sistemy' i tehnologii, 2012. – № 4(72). – S. 92-96.
5. Gmurman V.E. Teoriya veroyatnostej i matematicheskaya statistika: uchebnoe posbie dlya VUZov. – 12-e izd., pererab. – М.: Vy'sshee obrazvanie, 2008. – 479 s.

УДК 371.3:004

В.А. МАКСИМОВ, А.А. КАРАСИК

ОРГАНИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОГРАММНЫМ ОБЕСПЕЧЕНИЕМ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ УЧРЕЖДЕНИИ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ ВИРТУАЛИЗАЦИИ

В статье рассматриваются вопросы управления процессом установки и сопровождения программного обеспечения в образовательных учреждениях. Описывается система управления комплексами виртуальных машин в инфраструктуре предприятия, позволяющая автоматизировать процесс доставки и развертывания образов виртуальных машин.

Ключевые слова: виртуализация; информационно-образовательная среда; VMware; виртуальная машина.

ВВЕДЕНИЕ

Обеспечение бесперебойной работы программного многообразия в компьютерных классах образовательного учреждения – непростая задача. Для проведения занятий в компьютерных классах требуется большой перечень прикладных программных пакетов. Количество компьютеров в учебном заведении исчисляется сотнями, установка всего необходимого программного обеспечения на них занимает слишком много времени. К тому же, программы-установщики часто модифицируют важные настройки операционной системы, что иногда приводит к неработоспособности какого-либо установленного пакета или всей операционной системы в целом. Также возникает проблема с необходимостью предоставления пользователям административных прав для полноценной работы с некоторыми приложениями. Согласно политике безопасности, студенческая учетная запись не может иметь административных прав. Применение серверной виртуализации не обеспечивает необходимого уровня отказоустойчивости, т.к. для работы с виртуальными машинами, запущенными на сервере, необходимо постоянное сетевое соединение. В случае отказа локальной сети или сервера, весь учебный процесс будет сорван. Системы распространения программного обеспечения присутствующие на рынке не позволяют работать непосредственно с гостевой операционной системой, что не соответствует требованиям таких учебных дисциплин, как «операционные системы», «компьютерные коммуникации и сети». Клиентская виртуализация сопровождается таким недостатком, как необходимость копирования файлов виртуальной машины на клиентские компьютеры. Решение данной проблемы сводится к разработке отказоустойчивой системы, способной доставлять файлы виртуальных машин на компьютеры по определенным правилам.

ВИРТУАЛИЗАЦИЯ РАБОЧИХ СТАНЦИЙ

Виртуализация на стороне клиента может применяться для достижения различных целей. Например, использование виртуальных машин на стороне клиента позволяет предоставить пользователю административные права внутри виртуальной машины, не нарушая при этом политику безопасности компании. Благодаря этому можно тестировать операционные системы и прикладное программное обеспечение, не прибегая к изменениям на реальном компьютере. Такой сценарий использования виртуальной машины позволяет снизить риск нанесения ущерба реальному аппаратному и программному обеспечению [2].

Существует множество продуктов, решающих данную задачу. Самыми известными среди них являются Microsoft Virtual PC, Oracle VirtualBox и VMware Player. Многие из представленных виртуальных машин могут использовать 3D-ускорения, что существенно расширяет сценарий использования виртуальных машин.

СИСТЕМЫ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Одним из актуальных сценариев использования виртуализации на сегодняшнее время является распространение программного обеспечения внутри предприятия. Организации, имеющие большой парк клиентских рабочих станций и большое количество пользователей, тратят много времени и средств на администрирование всего имеющегося прикладного программного обеспечения.

Для решения проблем такого рода существуют специальные системы распространения программ (Software Distribution System - SDS), которые позволяют отделить приложения от операционной системы и помещают их в центральное хранилище приложений (рис. 1). В дальнейшем эти приложения размещаются в специальных изолированных песочницах на клиентских компьютерах. Тем самым предотвращаются конфликты между разными версиями приложений. Данный подход также не позволяет приложениям иметь административный доступ внутри виртуальной машины [1].

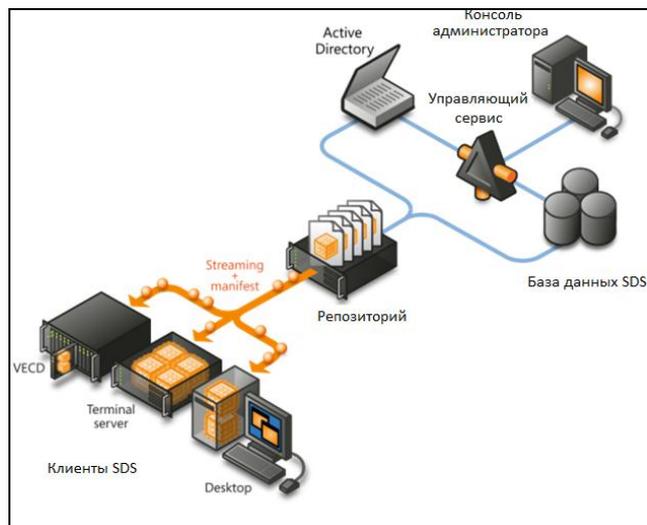


Рисунок 3 – Архитектура системы распространения программного обеспечения

Применение систем распространения программного обеспечения может быть актуально в процессе миграции на новые версии ОС Windows 7/8 с Windows XP и более ранних ОС. В качестве примера представим себе, что у нас есть бизнес-процессы, основанные на макросах в MS Excel разных версий. Понятно, что обычно разные версии Microsoft Office нежелательно устанавливать на один и тот же пользовательский компьютер. В этом случае Software Distribution System как нельзя лучше подходит для решения задачи. При этом пользователь продолжает прозрачно работать с привычными приложениями [4].

Использование Software Distribution System также значительно упрощает развертывание приложений на компьютерах пользователей.

Доставка приложения на компьютеры пользователей может осуществляться следующими способами:

1. Передача по сети с помощью административных средств, таких, как System Center Configuration Manager (SCCM).
2. Передача с помощью съемного файлового носителя.
3. Использование системы распространения программного обеспечения (Microsoft Application Virtualization, VMware ThinApp, Citrix XenApp).

ОТКАЗОУСТОЙЧИВОСТЬ ФАЙЛОВОЙ СИСТЕМЫ

Технология DFS (Distributed File System – распределенная файловая система) предоставляет доступ к сетевым файловым хранилищам, обеспечивая отказоустойчивость и простоту доступа [3].

Пространства имен DFS предоставляют возможность объединения общих папок, находящихся на разных серверах, в одно или несколько логически структурированных пространств имен. Каждое пространство имен отображается пользователям как отдельная общая папка с набором вложенных папок. Эта структура повышает доступность и обеспечивает автоматическое подключение пользователей к общим папкам (рис. 2).

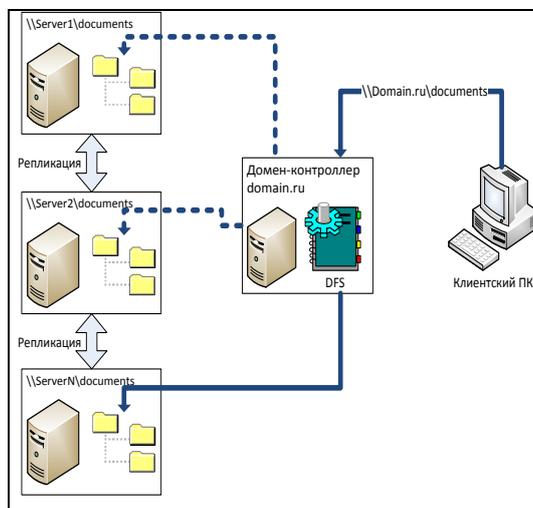


Рисунок 4 – Принцип работы DFS

Таким способом достигается отказоустойчивость DFS в целом. В случае отказа одного из серверов запросы будут перенаправлены на другой сервер. Хранение виртуальных машин с использованием технологии DFS повышает отказоустойчивость системы, распределяет сетевую нагрузку на сервера, а также не требует серьезных финансовых затрат.

ФУНКЦИИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВИРТУАЛЬНЫМИ МАШИНАМИ

При разработке программного продукта СУВМ (система управления виртуальными машинами) были поставлены следующие задачи:

1. Добавление, изменение и удаление виртуальных машин из хранилища.
2. Управление развертыванием виртуальных машин. Установка виртуальных машин осуществляется двумя способами: либо на один компьютер по запросу любого его пользователя, либо на несколько компьютеров по заданию пользователя, имеющего административный доступ к системе.
3. Получение статистики использования виртуальных машин. Регистрация информации обо всех операциях с виртуальными машинами, а также о состоянии клиентских компьютеров. Это позволяет отслеживать и прогнозировать состояние системы в целом.
4. Обеспечение отказоустойчивости средствами DFS.
5. Обеспечение безопасности. На основе групп безопасности домена разграничиваются права доступа на ряд функций СУВМ.

В системе выделяются следующие категории пользователей:

1. Пользователи, имеющие административный доступ. Данная категория пользователей имеет доступ к таким операциям, как добавление, редактирование и удаление виртуальных машин; управление развертыванием виртуальных машин на учебные компьютеры; получение статистических данных об использовании виртуальных машин и состоянии клиентских ПК.
2. Пользователи, не имеющие административного доступа. Эти пользователи могут инициировать процесс установки виртуальных машин на свой компьютер, а также запускать установленные виртуальные машины.

АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ

Архитектура системы управления виртуальными машинами построена на основе классической архитектуры системы распространения программного обеспечения [5].

СУВМ включает в себя следующие модули:

1. Управляющий сервис предназначен для управления клиентами посредством обработки клиентских запросов. Управляющий сервис ведет сбор статистики, обеспечивает доступ к информации о виртуальных машинах.
2. База данных СУВМ обеспечивает хранение статистических данных, а также данных о виртуальных машинах.
3. Хранилище виртуальных машин предназначено для хранения файлов виртуальных машин и образов операционных систем.
4. Клиент СУВМ включает в себя специальную системную службу, обеспечивающую фоновые операции СУВМ, а также консоль для работы с СУВМ, реализованную в виде графического интерфейса.

ХРАНИЛИЩЕ ВИРТУАЛЬНЫХ МАШИН

Хранилище виртуальных машин имеет простую структуру (рис. 3). Стабильность и удобная работа с хранилищем обеспечивается благодаря технологии DFS.

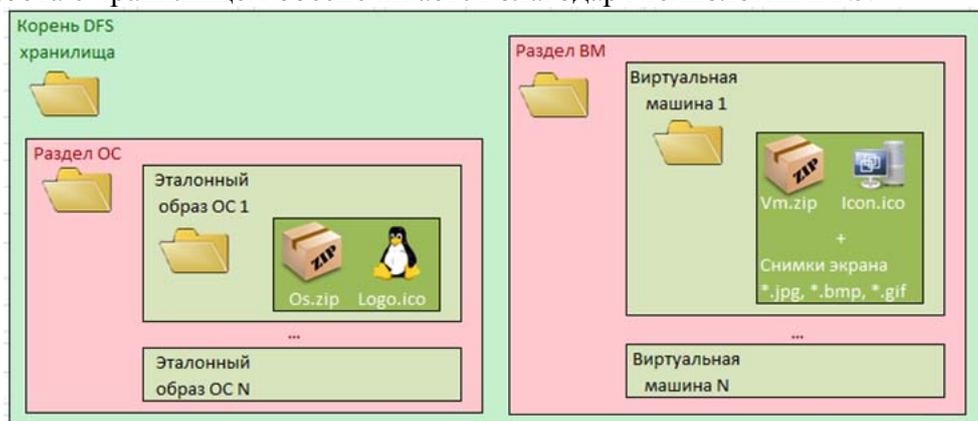


Рисунок 5 – Структура хранилища виртуальных машин

Хранилище ВМ состоит из двух разделов: раздел виртуальных машин и раздел операционных систем.

БАЗА ДАННЫХ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВИРТУАЛЬНЫМИ МАШИНАМИ

База данных СУВМ содержит в себе информацию о следующих объектах: виртуальные машины, операционные системы, учебные дисциплины, клиентские компьютеры, состояние клиента, назначенные задания, скорость загрузки виртуальной машины.

УПРАВЛЯЮЩИЙ СЕРВИС

Управляющий сервис предназначен для управления клиентами посредством обработки клиентских запросов. Все виды клиентских запросов обрабатываются на слое сервисов согласно контрактам операций и типам сообщений. Программная реализация слоя сервисов базируется на технологии WCF. Слой сервисов в данном случае является единственным программным интерфейсом управляющего сервиса.

К сквозной функциональности относится обеспечение безопасности с помощью встроенных механизмов аутентификации и шифрования, а также операционный менеджмент, позволяющий вести журналы операций и диагностировать управляющий сервис стандартными средствами Windows.

КЛИЕНТСКИЙ СЕРВИС

Клиентский сервис выполняет задачи по обеспечению конкретного компьютера необходимыми виртуальными машинами. Транспортировка осуществляется с помощью службы передачи данных BITS (Background Intelligent Transfer Service).

Благодаря использованию технологии WCF клиентский сервис является основным источником данных для консоли СУБМ. Клиентский сервис имеет свой API, реализованный в виде WCF-сервиса.

Клиентский сервис реализован в виде системной службы Windows, что позволяет обеспечить удобную работу в фоновом режиме даже во время бездействия компьютера.

Следует заметить, что тесная интеграция со службой BITS позволяет рационально распределять нагрузку на сеть во время загрузки образов виртуальных машин, а также обеспечивает отказоустойчивость к различным сбоям при передаче данных. Служба BITS является одним из самых надежных механизмов доставки файлов, она обеспечивает не только работу сторонних приложений, но и обновление компонентов операционной системы Windows. Помимо интеллектуальной службы доставки файлов по сети слой бизнес-логики клиентского сервиса использует компоненты, позволяющие производить распаковку zip-архивов без привлечения стороннего ПО.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В Российском государственном профессионально-педагогическом университете на факультете информатики при развертывании программного обеспечения используется технология виртуализации с использованием СУБМ. Это обеспечивает снижение трудозатрат на администрирование. Данная технология позволяет использовать на одном компьютере множество программных продуктов которые теоретически могли бы конфликтовать друг с другом. Данный подход позволяет быстро восстановить исходную конфигурацию программных пакетов на компьютерах и оперативно подготовить их к проведению занятий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Роберт Ларсон, Жаник Карбон. Платформа виртуализации Hyper-V. Ресурсы Windows Server 2008. – Санкт-Петербург: Русская редакция, 2010. – 800 с. – ISBN 978-5-7502-0397-0.
2. Гулятьев А. Виртуальные машины. Несколько компьютеров в одном. – Санкт-Петербург: Питер, 2006. – 224 с. – ISBN 5-469-01338-3.
3. Драуби О., Моримото Р. Microsoft Windows Server 2008 R2. Полное руководство. – Вильямс, 2011. – 1456 с. – ISBN: 978-5-8459-1653-2
4. Лоу С., VMware vSphere 4. Полное руководство. – Вильямс, 2010. – 784 с. – ISBN: 978-5-8459-1651-8
5. Максимов В.А., Карасик А.А. Применение технологии виртуализации в информационно-образовательной среде образовательного учреждения для решения задач E-Learning // Russian journal of Earth Sciences, 2012. – № 11(11). – С. 50-71. [Электронный ресурс]. – URL: http://www.ores.su/images/stories/RJES_1111_2012.pdf (дата обращения: 21.11.2012).

Максимов Владимир Александрович

Российский государственный профессионально-педагогический университет, Екатеринбург
Аспирант кафедры сетевых информационных систем и компьютерных технологий, заведующий лабораторией технического обеспечения
Тел.: 8 912 615 8442, 8 (343) 338-44-17 (доб. 272)
E-mail: v.maximov.mail@gmail.com

Карасик Александр Аркадьевич

Российский государственный профессионально-педагогический университет, Екатеринбург
Кандидат технических наук, доцент, проректор по информатизации
Тел.: 8 (343) 338-44-17 (доб. 204)

E-mail:kalexweb@yandex.ru

V.A. MAKSIMOV (*Post-graduate Student of the Department of Based Information Systems and Computer Technology, Head of the Laboratory of Technical Support*)

A.A. KARASIK (*Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Provost for Informatization*)
Russian State Vocational Pedagogical University, Ekaterinburg

**ORGANIZATION OF CONTROL OF SOFTWARE IN IN EDUCATIONAL INSTITUTIONS,
BASED ON TECHNOLOGY OF VIRTUALIZATION**

The paper deals with the management of the installation and maintenance of software educational institutions. Control system is described complexes of virtual machines in the infrastructure of the company to automate the process of delivery and deployment of virtual machines.

Keywords: *virtualization; information-educational sphere; VMware; virtual machine.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Robert Larson, Zhanik Karbon. Platforma virtualizacii Hyper-V. Resursy' Windows Server 2008. – Sankt-Peterburg: Russkaya redakciya, 2010. – 800 s. – ISBN 978-5-7502-0397-0.
2. Gul'tyaev A. Virtual'ny'e mashiny'. neskl'ko komp'yutеров v odnom. – Sankt-Peterburg: Piter, 2006. – 224 s. – ISBN 5-469-01338-3.
3. Draubi O., Morimoto R. Microsoft Windows Server 2008 R2. Polnoe rukovodstvo. – Vil'yams, 2011. – 1456 s. – ISBN: 978-5-8459-1653-2
4. Lou S., VMware vSphere 4. Polnoe rukovodstvo. – Vil'yams, 2010. – 784 s. – ISBN: 978-5-8459-1651-8
5. Maksimov V.A., Karasik A.A. Primenenie texnologii virtualizacii v informacionno-obrazovatel'noj srede obrazovatel'nogo uchrezhdeniya dlya resheniya zadach E-Learning // Russian journal of Earth Sciences, 2012. – № 11(11). – S. 50-71. [E'lektronny'j resurs]. – URL: http://www.ores.su/images/stories/RJES_1111_2012.pdf (data obrashheniya: 21.11.2012).

УДК 004.9:[005.94:378.1

В.Ю. ПРЕСНЕЦОВА, Ю.А. ДЕМИНА,
Т.Г. ДЕНИСОВА

ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВУЗОМ

Статья отражает результаты работы по первому этапу соглашения № 14.В37.21.1145, выполненного в рамках проведения научных исследований, проводимых молодыми учеными – кандидатами наук по научному направлению «Математика, механика, информатика» в области «Информатика». В данной статье представлены особенности системы управления ВУЗом и описание использования информационных систем в процессе принятия решений.

Ключевые слова: объект управления; структура управления; многоуровневая система управления; ВУЗ; основные структурные подразделения; информационные системы управления.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время выдвигаются новые требования к управлению ВУЗами, ориентированные на связь с внешней средой и меняющимися условиями, постоянный мониторинг и оперативное принятие решений по совершенствованию научной и учебно-методической деятельности кадрового состава и структурных подразделений [1].

Деятельность любого образовательного учреждения (ОУ) и, в частности, высшего учебного заведения требует управления, без которого невозможно не только эффективное функционирование и развитие, но и само существование [2]. Критерий эффективности функционирования управляемой системы зависит от состояния управляемой системы и от управляющих воздействий. Задача управления ОУ состоит в том, чтобы найти допустимые управляющие воздействия на ОУ, имеющие максимальную эффективность повышения качества образования [3].

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ВУЗОМ

Для описания системы управления ОУ РФ необходимо, в первую очередь, выделить субъект управления (управляющий орган) и объект управления (рис. 1).

Объекты управления ВУЗа также могут быть распределены по уровням, однако иерархия объектов управления отражает факт вхождения объекта низшего уровня в объект более высокого уровня (например, зав. кафедрой подчиняются деканам, деканы проректорам и ректору). Заменяем схему, построенную для двухуровневой системы управления ВУЗом на четырехуровневую систему субъект-объект (ВУЗ-факультеты-кафедры-профессорско-преподавательский состав (ППС)) (рис. 2).

В предложенной схеме четко выделяются четыре уровня иерархии. Первый уровень занимает субъект высшего звена управления – Министерство образования и науки РФ. На основании информации о деятельности конкретного ВУЗа субъект первого уровня вырабатывает управляющие воздействия по отношению к подчиненному ему объекту управления и, получая по каналам обратной связи информацию о реакции ВУЗов на управляющие воздействия, вырабатывает новые воздействия [4]. Объект управления (ВУЗ) по отношению к субъекту первого уровня в этой схеме является одновременно субъектом управления по отношению к подчиненному ему объекту управления (факультет), что позволяет называть его субъектом управления второго уровня.

ВУЗ представляет собой сложную социально-экономическую систему, которая состоит из множества A элементов системы, которые можно описать в виде:

$$A = \{a_i\}, i = 1, \dots, n,$$

где a_i – i -й элемент системы; n – число элементов в системе.

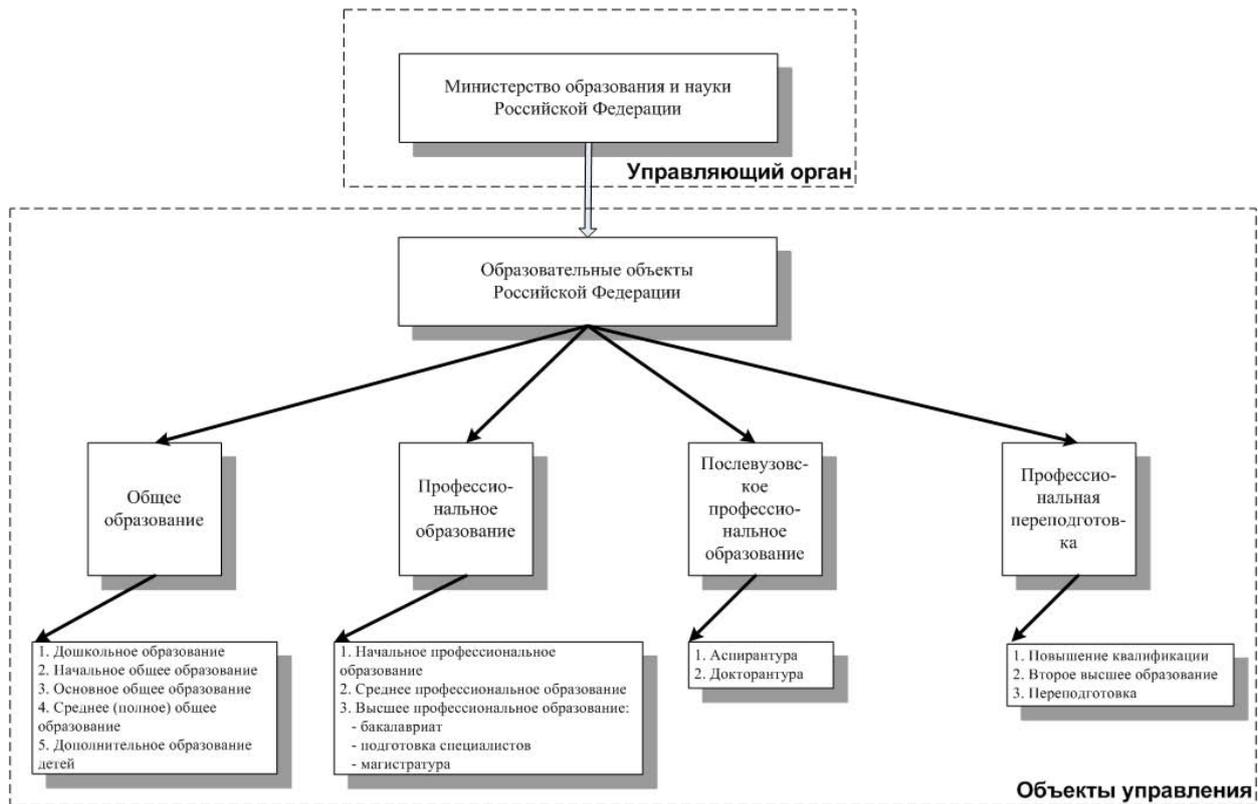


Рисунок 1 – Объект и субъект управления системы образования РФ

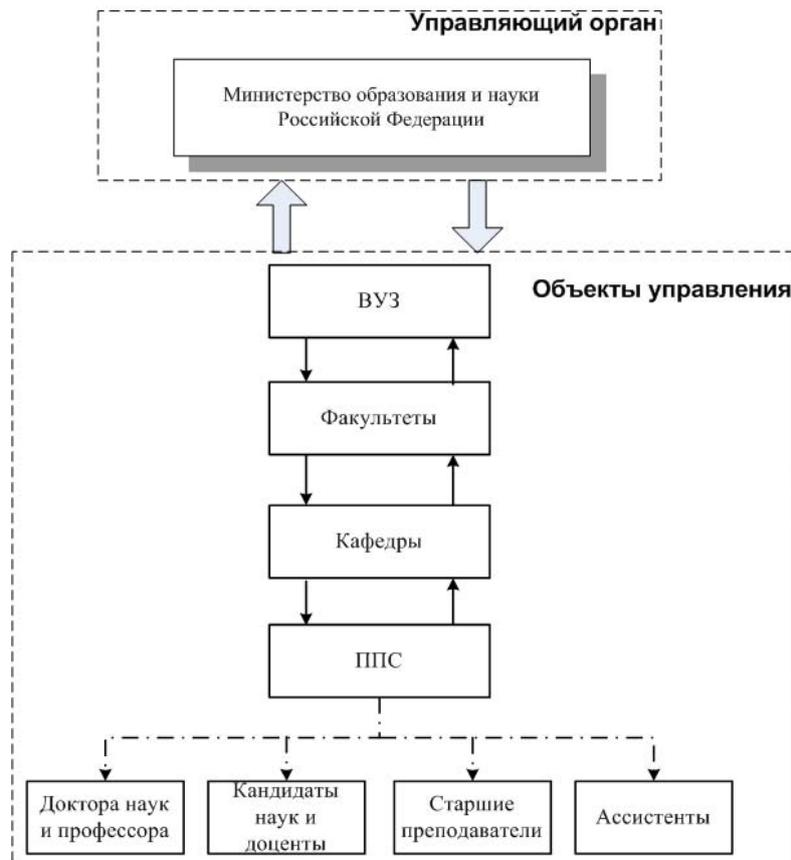


Рисунок 2 – Схема четырехуровневой системы управления ВУЗа

Между элементами системы существуют взаимосвязи. Множество Q связей между

элементами a_i и a_j можно представить в виде:

$$Q = \{q_i\}, i, j = 1, \dots, n.$$

Сама структура системы представляет множество D – совокупность элементов и связей между ними:

$$D = \{A, Q\}.$$

ВУЗ существует среди других материальных объектов, которые не вошли в систему и которые оказывают влияние на деятельность ВУЗа. Это внешняя среда S [5, 6].

Опишем систему управления ВУЗом, которая включает в себя следующие системные элементы и компоненты (рис. 4):

- объект управления (учебно-научные подразделения ВУЗа);
- вход X – различные точки воздействия внешней среды на систему (например, информация, цели и т.п.) [6];
- выход Y – различные точки воздействия системы на внешнюю среду (например, информация о достижении целей и состояния ВУЗа);
- орган принятия решений (ОПР) – Министерство образования и науки;
- регулятор управления;
- процесс управления;
- внешняя среда;
- управляющее воздействие $U(t)$, где t – время наблюдения, необходимое ОПР для принятия решения [7].

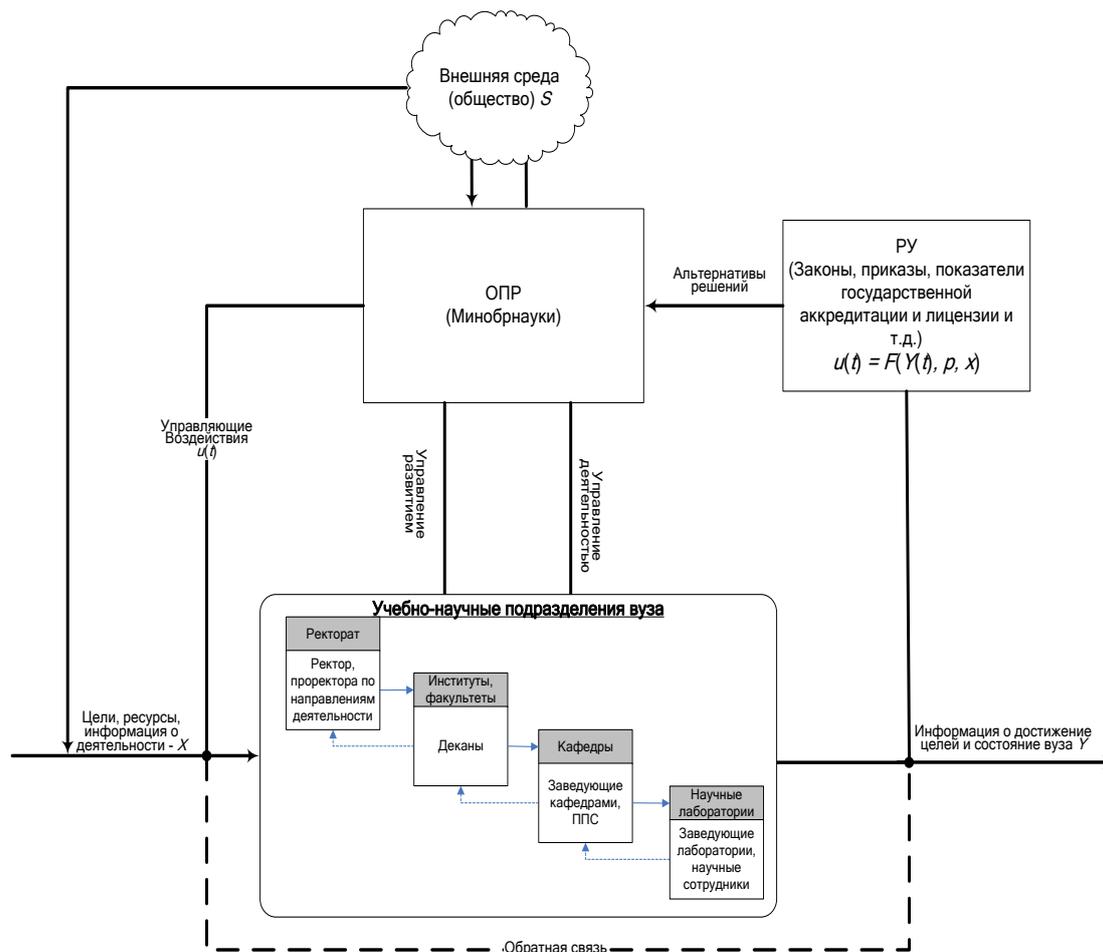


Рисунок 4 – Структура системы управления ВУЗом

Связь между функцией входа $X(t)$ и функцией выход $Y(t)$ системы можно представить в виде:

$$Y(t) = F(X(t)),$$

где F – функция выходов системы.

Процесс управления осуществляется путем реализации этапов управленческого цикла и принятия и введения в действие управленческих решений. Все решения принимаются в виде законов, норм и правил, приказов, распоряжений, планов, программ и др.

Регулятор управления (на схеме РУ) состоит из структурных элементов, таких как:

- государственные образовательные стандарты, их научное, информационное и методическое обеспечение;
- системы оценки и контроля качества образования, его соответствия образовательным стандартам;
- государственные системы лицензирования и аккредитации;
- системы информационного обеспечения сферы образования, мониторинга ее функционирования и развития [8].

Воздействия Минобрнауки на ВУЗ рассматриваются как последовательная смена значений $u(t)$. Управляющие воздействия направлены на то, чтобы функционирование системы управления способствовало достижению цели. Состояние управляющего воздействия $u(t)$ в любой момент времени t зависит от выходного результата Y [5, 6].

Следовательно,

$$u(t) = F(Y(t)).$$

Однако управляющие воздействия во многом зависят от свойств субъекта управления (Минобрнауки) – p . Тогда:

$$u(t) = F(Y(t), p).$$

На процесс выработки и осуществление управляющих воздействий оказывает влияние внешняя среда S – общество и работодатели будущих выпускников. Закон управления деятельностью ВУЗа в общем виде может быть представлен следующим образом [5, 6]:

$$u(t) = F(Y(t), p, \xi),$$

где F – закон управления деятельностью ВУЗа; p – решения Минобрнауки; ξ – свойства внешней среды.

Закон управления деятельностью ВУЗа – правило (F) выработки управляющего воздействия с учетом особенностей (свойств и возможностей) (p) Минобрнауки и учета степени влияния внешней среды (ξ) [5].

Анализ системы управления ВУЗом показал, что ВУЗ является сложным объектом управления, где объекты низшего уровня входят в объект более высокого уровня (рис. 5).

Внешняя среда ставит цель, которую ВУЗ должен достигнуть. Ректор на основании информации о достижении цели вырабатывает управляющие воздействия на объекты управления 2-го уровня (деканы) и распределяет главную цель на цели 2-го уровня, деканы вырабатывают управляющие воздействия для заведующих кафедрами (объекты управления 3-го уровня), а те, в свою очередь, перераспределяют цели следующего уровня на ППС. ППС являются исполнителями целей более низкого уровня, которые выступают средствами для достижения главной цели. Причем с помощью механизмов обратной связи происходит «зацикливание» процесса принятия решения до тех пор, пока ВУЗом не будут выполнены все поставленные цели. На каждом уровне иерархии существуют похожие «циклы» [1].

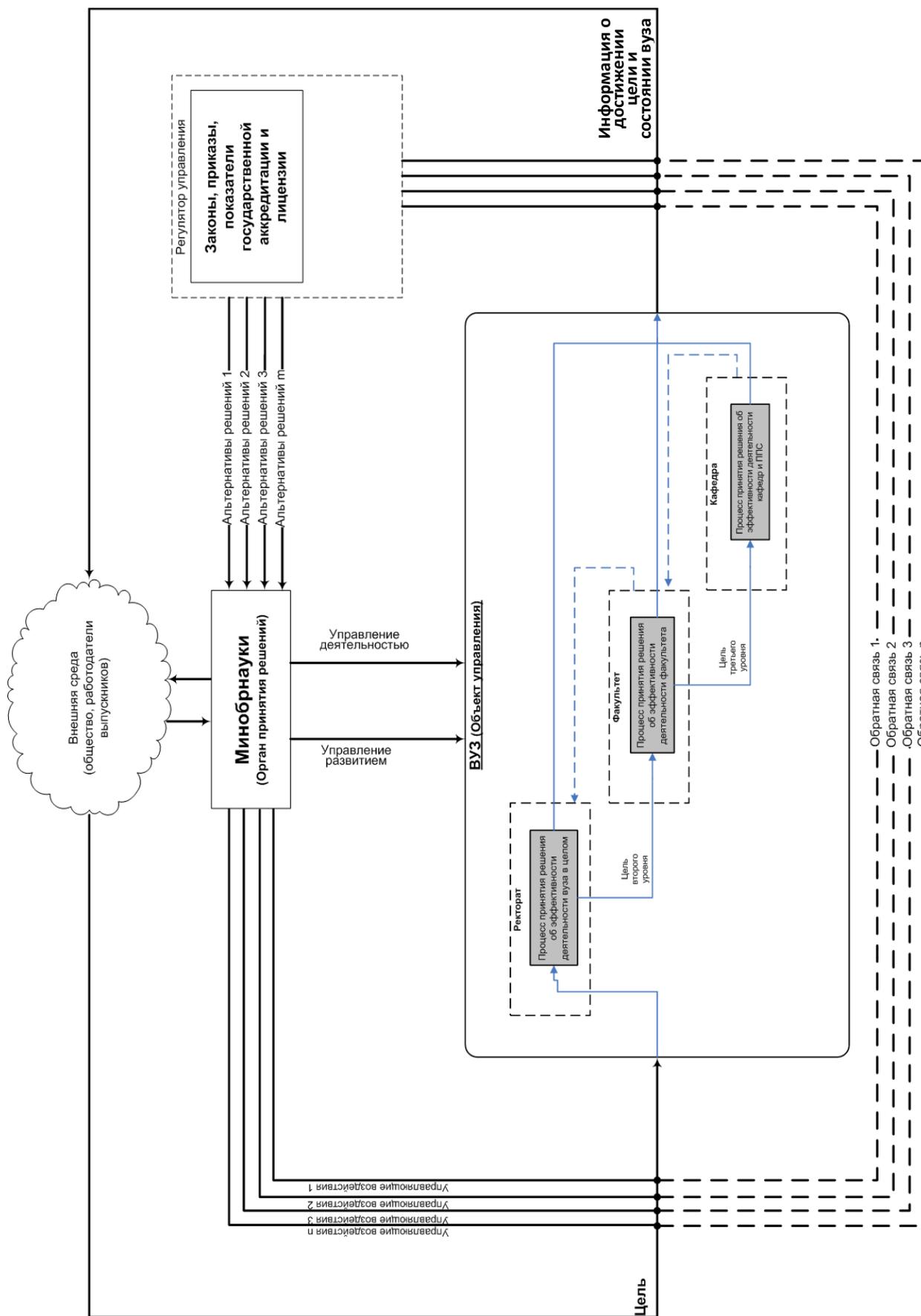


Рисунок 5 – Многоуровневая система управления ВУЗом

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВУЗОМ

Для выработки эффективных управляющих воздействий администрации ВУЗа приходится учитывать большое количество показателей, критериев, факторов, влияющих на поставленную цель, в быстро меняющейся обстановке. Всё это настоятельно требует использования информационных систем в процессе принятия решений.

В настоящее время существует достаточно большое количество информационных систем управления ВУЗом. К таким системам относятся мощные пакеты «Галактика. Управление ВУЗом», «1С: Университет» и «1С: Зарплаты и кадры государственного учреждения», а также адаптируемые под управление ВУЗом «Oracle. Управление персоналом» и «БОСС. Кадровые системы». Данные системы обладают широким спектром возможностей, адаптируются под различные профили ВУЗов, но из-за высокой стоимости, «лишнего» набора функций, трудности настройки и эксплуатации, необходимости принятия на работу дополнительного штата программистов, они не получили повсеместного распространения при управлении ВУЗами РФ [1].

Чаще всего выявление основных процессов деятельности и ключевых моментов в управление ВУЗами решается с использованием рейтинговых систем, которые применяются практически в каждом ВУЗе, например, в Новосибирском государственном техническом университете, Кемеровском государственном университете, Самарском государственном аэрокосмическом университете имени академика С.П. Королева, Томском политехническом университете, Российском государственном университете нефти и газа им. И.М. Губкина, Волгоградском государственном техническом университете, Московском автомобильно-дорожном государственном техническом университете (МАДИ) и др.

Однако в упомянутых системах было замечено, что они ориентированы под конкретные условия функционирования и применение их в других ВУЗах, тем более в образовательных учреждениях различных типов и профилей, требует дополнительных затрат.

Коллективом авторов предлагается информационная система поддержки принятия решений и оценки эффективности деятельности основных структурных подразделений и профессорско-преподавательского состава (ППС) ВУЗа (ИСППР «Рейтинг»), которая способствует уменьшению трудоемкости принятия решений администрацией ВУЗа по отношению к основным структурным подразделениям и ППС, автоматизации процедур визуального представления данных и формированию отчетов по любому запросу и на любой период времени, прогнозированию деятельности, разработке рекомендаций и методик принятия управленческих решений. Данные из информационной системы способствует администрации ВУЗа проводить стимулирование деятельности ППС [9].

В результате апробации созданной информационной системы, проводимой в течение 5 лет на кафедрах ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», были выделены преимущества перед существующими системами:

- удобный пользовательский интерфейс;
- возможность формирования отчетных форм по кафедре и по каждой единице ППС;
- возможность построения диаграмм, наглядно показывающих процент участия каждой единицы ППС в общей комплексной оценке кафедры;
- возможность наглядно отображать процент участия кафедр в общей комплексной оценке;
- возможность отобразить достижения кафедр в выполнении аккредитационных показателей;
- возможность определения положения кафедр на плоскости дискриминантных функций, отражающего равномерность и стабильность выполнения всех показателей кафедрами;
- построение зависимости мест кафедр в общем соревновании от конкретных составляющих комплексной оценки;

– возможность менять алгоритм пересчета комплексной оценки, гибко формировать отчеты и справки, делать произвольные выборки информации в удобном представлении.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Особенность эффективного управления ВУЗа зависит от четкого разделения обязанностей между руководителями различных уровней управления, в процессе принятия управленческих решений администрации ВУЗа приходится учитывать большое количество показателей, критериев, факторов, влияющих на достижение определенной цели. Для решения таких проблем необходимо использовать информационные системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Преснецова В.Ю. Многоуровневая система управления ВУЗом / В.Ю. Преснецова, Т.Г. Денисова, Н.П. Подобина // Мат. V Междун. научно-технич. конфер. «Информационные технологии в науке, образовании и производстве». – Орел, 2012. – [Электронный ресурс]. – URL: <http://irsit.ru/article164>.
2. Система самодиагностики для малых и средних предприятий [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.dist-cons.ru/testself/section1.html>.
3. Новиков Д.А. Структура теории управления социально-экономическими системами // УБС, 2009. – Вып. 24. – С. 216-257.
4. Райзберг Б.А. Курс управления экономикой: учебник для ВУЗов. – СПб.: Питер, 2003. – 528 с.
5. Мухин В.И. Исследование систем управления: анализ и синтез систем управления: учеб. для студентов ВУЗов, обучающихся по спец. «Менеджмент». – М.: Экзамен, 2003. – 383 с.
6. Ларин А.А. Теоретические основы управления. Ч. 1: Процессы, системы и средства управления: учебное пособие. – М.: РВСН, 1998. – 321 с.
7. Мидюк О.Н., Горьканова Л.В. Теория управления // Учебный курс (учебно-методический комплекс). – [Электронный ресурс]. – URL: <http://cde.osu.ru/demoversion/course124/0.html>.
8. Цевелев В.В., Молотков Ю.И. Основы менеджмента. Том 1. Организационно-производственный менеджмент. – Новосибирск: СГУПС, 2009. – 292 с.
9. Преснецова В.Ю., Демина Ю.А. Использование информационных технологий при управлении ВУЗом. Современные информационные технологии и ИТ-образование // Сборник избранных трудов VII Международной научно-практической конференции: под ред. проф. В.А. Сухомлина. – М.: ИНТУИТ.РУ, 2012. – 441-447 с.

Преснецова Виктория Юрьевна

ФГБОУ ВПО Госуниверситет – УНПК, г. Орел
Кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Информационные системы»
Email: alluvian@mail.ru

Демина Юлия Александровна

ФГБОУ ВПО Госуниверситет – УНПК, г. Орел
Кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Прикладная математика и информатика»
E-mail: virginia97@mail.ru

Денисова Татьяна Геннадьевна

ФГБОУ ВПО Госуниверситет – УНПК, г. Орел
Аспирант кафедры «Прикладная математика и информатика»
Email: tessa88@bk.ru

V. Yu. PRESNECOVA (*Candidate of Engineering Science, Senior Teacher of the Department «Information systems»*)

YU.A. DYOMINA (*Candidate of Engineering Science, Senior Teacher of the Department «Applied Mathematics and Informatics»*)

T.G. DENISOVA (*Post-graduate Student of the Department «Applied Mathematics and Informatics»
State University – ESPC, Orel*)

FEATURES OF A CONTROL SYSTEM OF INSTITUTE OF HIGHER EDUCATION

The article reflects the results of the first stage agreement № 14.B37.21.1145, performed as part of the research carried out by young scientists – PhD in scientific field of «Mathematics, Mechanics, Computer Science» in «Computer Science». This paper presents the features of the system of university management and how to use information systems in decision-making.

Keywords: *control object; management structure; multi-level governance; institute of higher education; main organization developments; management information systems.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Presnecova V.Yu. *Mnogourovnevaya sistema upravleniya VUZov* / V.Yu. Presnecova, T.G. Denisova, N.P. Podobina // *Mat. V Mezhdun. nauchno-texnich. konfer. «Informacionny'e tekhnologii v nauke, obrazovanii i proizvodstve»*. – Oryol, 2012. – [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://irsit.ru/article164>.
2. *Sistema samodiagnostiki dlya mal'x i srednix predpriyatij* [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.dist-cons.ru/testself/section1.html>.
3. Novikov D.A. *Struktura teorii upravleniya social'no-e'konomicheskimi sistemami* // *UBS*, 2009. – Vy'p. 24. – S. 216-257.
4. Rajzberg B.A. *Kurs upravleniya e'konomikoj: uchebnik dlya VUZov*. – SPb.: Piter, 2003. – 528 s.
5. Muxin V.I. *Issledovanie sistem upravleniya: analiz i sintez sistem upravleniya: ucheb. dlya studentov VUZov, obuchayushixsya po spec. «Menedzhment»*. – M.: E'kzamen, 2003. – 383 s.
6. Larin A.A. *Teoriticheskie osnovy' upravleniya. Ch. 1: Processy', sistemy' i sredstva upravleniya: uchebnoe posobie*. – M.: RVSU, 1998. – 321 s.
7. Midyuk O.N., Gor'kanova L.V. *Teoriya upravleniya* // *Uchebny'j kurs (uchedno-metodicheskij kompleks)*. – [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://cde.osu.ru/demoversion/course124/0.html>.
8. Cevelev V.V., Molotkov Yu.I. *Osnovy' menedzhmenta. Tom 1. Organizacionno-proizvodstvenny'j menedzhment*. – Novosibirsk: SGUPS, 2009. – 292 s.
9. Presnecova V.Yu., Dyomina Yu.A. *Ispol'zovanie informacionny'x tekhnologij pri upravlenii VUZom. Sovremenny'e informacionny'e tekhnologii i IT-obrazovanie* // *Sbornik izbranny'x trudov VII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii: pod red. prof. V.A. Suxomlina*. – M.: INTUIT.RU, 2012. – 441-447 s.

УДК 025.4.02[001.103.2:37]

В.А. СТАРЫХ, А.И. БАШМАКОВ, В.Н. БЕЛООЗЕРОВ

ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ СФЕРЫ ОБРАЗОВАНИЯ: КАТАЛОГИЗАЦИЯ, КЛАССИФИКАЦИЯ, ОНТОЛОГИЯ

В статье изложен процесс построения формальной онтологии системы информационных ресурсов для сферы образования, что преследует цель отразить представление об этой сфере в автоматизированных системах, предназначенных для создания, учёта, систематизации, хранения, поиска и использования этих ресурсов в образовательных учреждениях различного уровня. Система информационных ресурсов задаётся принятыми словарями и классификаторами в структуре метаданных LOM с дополнениями, отражающими отечественную специфику. Однако состав и границы этой системы не имеют чёткой определённости и выявляются в процессе описания в зависимости от задачи и аспекта рассмотрения. Эту область действительности, ограниченную задачами данного этапа описания, будем называть предметной областью информационных ресурсов сферы образования. Для управления информационными ресурсами сферы образования должен быть разработан и внедрён эффективный и согласованный механизм описания и каталогизации информации, который может применяться в образовательных порталах, электронных библиотеках, системах электронного обучения, информационных хранилищах и иных образовательных информационных системах. Такой механизм, основанный на классификации типов информационных ресурсов и спецификации модели их метаданных, предложен в [1]. Современные требования к формализации метаданных определяют необходимость построения модели формальной онтологии предметной области информационных ресурсов для сферы образования, предполагающей разработку технологий систематизации и управления этими ресурсами. В статье рассмотрены базовые основы этих технологий.

Ключевые слова: информационный ресурс; образование; классификация; систематизация; каталогизация; метаданные; онтология; модель; отношение.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ КАК ОБЪЕКТЫ УЧЕТА И КАТАЛОГИЗАЦИИ

Неотъемлемым компонентом обеспечения современной образовательной системы являются информационные ресурсы (ИР). В образовательных бизнес-процессах создаются и используются множество разнообразных ИР, отличающихся по содержанию, характеру информации, ее знаковой природе и способу представления, объему, структуре, типу носителя, функциональности, исходному целевому назначению и другим атрибутам.

Обеспеченность потребителей ИР определяется не только фактическим существованием ресурсов, но и наличием механизмов, позволяющих находить нужные ИР и получать доступ к ним. Подобные механизмы включают средства формирования и публикации метаданных (описаний) ИР, каталогизации ИР, ведения хранилищ (репозиторий) метаданных и ИР, поиска ИР по метаданным, управления доступом к ИР и др. В свою очередь, создание перечисленных средств связано с решением общей проблемы систематизации ИР для сферы образования [1-3].

Первая концептуальная проблема на пути систематизации ИР связана с уточнением того, что понимается под ИР сферы образования. Другими словами, необходимо определить, описания каких сущностей могут представляться в общедоступных каталогах ИР, предназначенных для распространения в сфере образования [4]. Предлагается следующее рабочее определение.

Информационный ресурс сферы образования – это совокупность данных, организованная для эффективного получения достоверной информации, в виде документа (совокупности документов), предназначенного и самостоятельно оформленного для распространения среди неограниченного круга лиц либо служащего основой для представления информационных услуг.

Определение отражает ключевые признаки, которыми должна обладать информационная сущность для того, чтобы быть представленной в классификационных схемах и общедоступных каталогах информационно-образовательной среды (ИОС). Во-первых, ИР предназначен для распространения среди неопределенного круга лиц, для которых он представляет интерес, т.е. имеет потребительскую ценность. Данная трактовка близка к понятию публикации (документа, доступного для массового использования). В то же время ИР – не обязательно опубликованный документ. Размещение информации о нем в каталоге может быть шагом на пути к публикации. Другая обязательная мера – обеспечение доступа к ИР, сведения о котором включены в каталог, предоставляемого за плату или безвозмездно неограниченному кругу лиц. Доступ к ИР может быть организован через Интернет или путем выпуска тиража информационных носителей, размер которого удовлетворяет потребностям этих лиц и определяется с учетом характера ИР.

Отмеченная особенность позволяет разделить ИР и документы, ориентированные на распространение среди определенного (т.е. ограниченного) круга лиц. К таким документам относятся корпоративные и ведомственные материалы (справки, ведомости, сертификаты, свидетельства и др.), а также информация для ограниченного использования. Подобные документы остаются за рамками каталогизации.

Во-вторых, ИР представляется в виде документа (совокупности документов), снабженного реквизитами, позволяющими его идентифицировать, и обладает оформлением, обеспечивающим возможность самостоятельного распространения. Сущность, не имеющая такого оформления, не может быть отражена в каталоге. Например, абзац из документа и фрагмент файла не распространяются в самостоятельном качестве. В предлагаемой интерпретации к ИР также не относятся интегральные сущности, объединяющие группы ИР и связанные с ними услуги. Например, не является ИР учебный курс, включающий услуги преподавателя и образовательного учреждения, а также программные и информационные продукты.

Заметим, что ИР как документ является именованным объектом, точнее, объектом, снабженным неким уникальным идентификатором. Благодаря этому ИР наделён следующими качествами:

- уникальный идентификатор позволяет различать ИР, не прибегая к анализу их содержимого и метаданных;
- посредством уникального идентификатора с ИР может быть связано его метаописание, играющее важную роль в процессах систематизации ИР;
- с помощью уникального идентификатора можно получить доступ к самому ИР.

На рынке интеллектуальной продукции большинство ИР выступают в качестве продуктов или товаров. Исключение составляет особый класс мегаресурсов Интернет, служащих основой для предоставления услуг. Такие ИР не являются товаром (права на их использование не продаются и не покупаются). Один и тот же ИР, как правило, используется для оказания различных услуг. Эти услуги составляют его основную ценность и не могут быть предоставлены без его наличия. Поэтому каталогизации подлежат ИР, а не услуги. Примеры подобных ИР: электронная библиотека, поисковая система, интернет-каталог, интернет-трансляция, электронный магазин и др.

Подчеркнем, что предложенная трактовка ИР шире понятия издание. Неотъемлемый признак издания – прохождение редакционно-издательской обработки – не является обязательной чертой ИР. Издания на разных типах носителей составляют значительную долю ИР. Однако к ИР также относятся документы, не попадающие в категорию изданий (например, отчет о НИР, депонированная рукопись, диссертация, образовательный объект и др.).

МЕТАДААННЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ

Решение большинства задач систематизации ИР связано с использованием метаданных. В контексте образовательных информационных технологий метаданные – это структурированные данные, предназначенные для описания характеристик образовательного ресурса, объекта данных или компонента образовательной технологической системы. Таким образом, в ИОС метаданные могут представлять интерпретируемый в широком смысле ИР (документ на электронном, печатном или ином носителе, программу, сервис, источник информации, базу данных, информационную систему), информационный объект (экземпляр или элемент информационной модели, запись в базе данных и т.п.), компонент ИОС (техническое устройство, организационную структуру, персону, группу персон), а также событие (образовательное мероприятие – лекцию, семинар, урок, конференцию и т.д.) [5].

Главная идея формирования и использования метаданных заключается в том, чтобы извлечь из ИР значимые характеристики и представить их в виде, доступном для интерпретации широкого круга систем, что позволит этим системам опосредованно обрабатывать массивы ИР, не затрагивая содержимое самих ИР. Разнообразие форм, видов и форматов ИР является объективным фактором, затрудняющим обеспечение интероперабельности компонентов ИОС. В то же время для систематизации и управления ИР требуется ограниченное множество их свойств, которые целесообразно отразить в метаданных. Определение состава и взаимосвязей этих свойств (системы метаданных) и способа представления (модели) метаданных проще унификации форматов ИР. Таким образом, наличие метаданных, базирующихся на стандартных открытых моделях, создает новые возможности для взаимодействия систем – интероперабельность на уровне метаданных. Обеспечение подобной совместимости требует унификации структуры метаданных, интерпретации ее компонентов и способа их представления.

Результаты анализа и обобщения характеристик множества ИР служат основой для построения системы метаданных – семантической модели, определяющей структуру описания класса информационных сущностей, ориентированную на некоторую область применения (типы ИР, задачи систематизации и управления ими). Система метаданных привязывается к формальному способу представления ее элементов (модели метаданных). На сегодняшний день основными моделями метаданных являются базовая иерархическая модель языка XML и модель RDF (Resource Description Framework).

Технологическим средством поддержки интероперабельности на уровне метаданных служит реестр схем метаданных (metadata scheme registry) – открытый каталог формальных спецификаций схем и форматов для различных систем метаданных, а также определенных на их основе профилей [3].

ИР для сферы образования, а также процессы систематизации и управления ими в ИОС обладают прикладной спецификой. В частности, ИР для электронного обучения (компьютерные средства обучения, образовательные объекты) требуют обеспечения возможности отражения в метаданных:

- логической структуры ИР и состава используемых в нем физических компонентов;
- информации для взаимодействия ИР с системой управления учебным процессом, в рамках которого выполняются настройка ИР на условия применения и конкретного учащегося, а также фиксация хода и результатов его работы;
- правил, определяющих методику работы с ИР (схема навигации по его компонентам, оценка действий учащегося);
- педагогических характеристик (уровень образования, целевая аудитория, сложность, контактное время, степень интерактивности и т.д.), необходимых для принятия решения о включении ИР в состав контента, покрывающего учебный план или программу;
- исходной компетенции, которой должен обладать учащийся для начала работы с ИР, и целевой компетенции, формируемой с помощью данного ИР;
- сведений о грифах и сертификатах, присвоенных ИР;

– информации для построения агрегированного ресурса на основе множества образовательных объектов и дезагрегации модульного ИР.

Современные тенденции интеграции компонентов ИОС не только усиливают актуальность согласования схем метаданных, но и в перспективе предусматривают создание единой платформы метаданных и технологий систематизации ИР в ИОС, охватывающих различные виды ИР и варианты использования метаданных. Разнообразие ИР, применяемых в образовании, требует, чтобы эта платформа поддерживала обобщенную трактовку ИР, что характерно для универсальных систем метаданных. С другой стороны, метаданные должны учитывать специфику образовательных бизнес-процессов, из чего вытекает целесообразность использования специализированной системы метаданных.

Разрешение указанного противоречия обеспечивает система метаданных LOM [6]. Изначально она разрабатывалась для представления образовательных объектов, однако в процессе развития LOM ее назначение было обобщено, в результате чего оно стало охватывать любые образовательные ресурсы (виды ИР). Таким образом, LOM сочетает выразительность, ориентированную на Интернет-технологии электронного обучения, с описательными возможностями универсальной системы метаданных.

В настоящее время LOM является основным индустриальным стандартом метаданных ИР для сферы образования, получившим широкое признание и распространение. Она используется в SCORM, спецификациях IMS и поддерживается большинством программных средств для электронного обучения (системами управления учебным процессом, авторским инструментарием, системами управления образовательным контентом, системами управления хранилищами образовательных объектов и др.). Информационная модель (схема метаданных) LOM было принята IEEE в качестве стандарта в 2002 г., а XML-привязка (формат метаданных) – в 2005 г.

Приведенная характеристика LOM позволяет сделать вывод о том, что систему метаданных ИР для сферы образования России целесообразно строить на ее основе путем адаптации к российской специфике (определения расширения и методических рекомендаций по применению). В рамках этого направления была разработана система метаданных ИР для сферы образования России RUS_LOM, представляющая расширение модели LOM [1, 5]. Информационная модель RUS_LOM полностью включает схему LOM, сохраняя семантику и атрибуты ее элементов, а также наборы значений, входящих в связанные с ними словари.

КЛАССИФИКАТОРЫ И СЛОВАРИ В МЕТАДААННЫХ

Для систематизации ИР, осуществляемой на основе RUS_LOM, сформирован базовый набор классификаторов и словарей [7], включающий:

- 1) классификатор целевых назначений ИР (основанный на ГОСТ 7.60-2003 [8]);
- 2) многоуровневый иерархический классификатор типов ИР для сферы образования, охватывающий компьютерные ресурсы (информационные и программные продукты, функционирующие в среде Интернет или распространяемые на электронных носителях, мегаресурсы Интернет, служащие инструментами предоставления услуг), а также ИР на аудио-, видео- и бумажных носителях;
- 3) классификатор ИР по уровням и ступеням образования;
- 4) классификатор образовательных ИР по целевой аудитории;
- 5) предметные (тематические) классификации.

Первые три классификатора играют важную роль при формировании и контроле метаданных, поскольку с помощью них определяется большая часть ограничений целостности. Целевое назначение и тип ИР должны быть согласованы. Их допустимые сочетания определяет подмножество прямого произведения множеств значений, представленных в классификаторах 1 и 2.

Начиная с 2002 г., RUS_LOM использовалась в качестве методологической и нормативно-технической основы при выполнении крупных научно-технических проектов,

направленных на развитие информационной инфраструктуры сферы образования России. В частности, схема RUS_LOM и подмножества ее элементов были реализованы в каталогах ИР системы федеральных образовательных Интернет-порталов и хранилище электронных ИР Федерального центра информационных образовательных ресурсов (ФЦИОР).

ПОНЯТИЕ ФОРМАЛЬНОЙ ОНТОЛОГИИ

Построение формальной онтологии системы ИР в сфере образовательной деятельности преследует цель отразить представление об этой сфере в автоматизированных системах, предназначенных для создания, учёта, систематизации, хранения, поиска и использования ИР в образовательных учреждениях различного уровня. Система информационно-образовательных ресурсов задаётся принятыми словарями и классификаторами в структуре метаданных LOM с дополнениями, отражающими отечественную специфику. Однако состав и границы этой системы не имеют чёткой определённости и выявляются в процессе описания в зависимости от задачи и аспекта рассмотрения. Эту область действительности, ограниченную задачами данного этапа описания, будем называть предметной областью ИР сферы образования.

Центральным звеном рассмотрения будет совокупность информационно-образовательных ресурсов. Рассмотрение других объектов и включение их в анализируемую систему зависит от глубины и широты анализа.

При углублении рассмотрения предметная область может также включать свойства, отношения, процессы, описания, структуры и элементы ИР. При расширении рассмотрения в предметную область включаются ИР иного характера (научные, справочные и т.д.), образовательные учреждения, обучающий персонал, обучаемый контингент и др.

Описание информационно-образовательных ресурсов предлагается вести на уровне их типов, характеристик, отличительных черт, т.е. на уровне метаинформации, не затрагивая их содержание (контент). Таким образом, в основании нашей предметной области лежат различные классы ИР сферы образования. Каждый класс является совокупностью ИР, наделённых каким-либо общим свойством, служащим основанием для вхождения ресурса в данный класс. Система этих «классообразующих свойств» изоморфна системе самих классов, так что отдельное рассмотрение этих свойств не конструктивно, они «синонимичны» классам, всё сказанное о классе является сказанным об этих свойствах. При описании предметной области будем вести речь о свойствах, характеризующих группы классов, об отношениях между классами ресурсов, о процессах с классами ресурсов как об отражении свойств, отношений и процессов, имеющих место или возможных в контексте конкретных ИР.

Решаемая задача – построить модель онтологии предметной области ИР сферы образования – будет в определённой мере выполнена тогда, когда мы получим:

- перечень всех (рассматриваемых) имён классов ИР, имён свойств, отношений и процессов;
- для каждого имени класса – все имена и значения свойств, отношений и процессов, в которые вовлечён класс;
- для каждого имени свойства – имена всех классов ИР, отношений и процессов, с которыми имеет связь данное свойство с данным значением;
- для каждого имени отношения – имена всех классов ИР, свойств и процессов, с которыми имеет связь данное отношение;
- для каждого имени процесса – имена всех классов ИР, свойств и отношений, с которыми имеет связь данный процесс.

Эти требования в дальнейшем будут называться целью построения онтологии.

Такая модель будет формальной (теоретико-множественной) структурой, которую можно назвать формальной онтологией [9]:

$$\Omega = \Omega(C, P, R, S),$$

где C – словарь имён классов ИР, P – словарь имён свойств, R – словарь имён отношений, S – словарь имён процессов.

Каждый словарь состоит из словарных статей, характеризующих свой объект по отношению к объектам других словарей. В частности, каждому заглавному имени в словарной статье должны быть приписаны имена связанных с ним элементов других словарей. В различных случаях при ограниченной глубине и широте рассмотрения некоторые из этих словарей могут быть пустыми (т.е. отсутствовать). Во всех случаях не пуст словарь C . Если остальные словари пусты $P = R = S = \emptyset$, то мы имеем простой перечень классов ИР – номенклатуру. Если пусты P и S , а R включает только отношение род-вид, то такая онтология выражается простой иерархической классификацией. Если в классификации словарь S дополнить ограниченным перечнем других отношений и ввести непустой словарь P , то мы получим структуру развитого тезауруса, соответствующего стандартам в области информационно-поисковых языков (ГОСТ 7.25 [10], ИСО 2788 [11], ИСО 25964 [12])¹.

По мере углубления и расширения описания в состав предметной области и формальной онтологии могут войти и другие объекты.

НОМЕНКЛАТУРА КЛАССОВ

Простейшее описание – это перечисление сущностей. В случае описания предметной области образовательных ИР оно может быть названо номенклатурой объектов предметной области. Состав объектов, подлежащих обсуждению, будем определять на основе монографий [1, 5], в которых содержится наиболее полное и достаточно формализованное описание системы ИР сферы образования через типологию их метаданных. Задача настоящего исследования состоит в том, чтобы представить структуру изложенных сведений в едином формализме, допускающем непосредственное использование в различных автоматизированных системах на требуемом уровне глубины и широты описания.

Перечень классов ИР сферы образования задан в [1, 5] классификационной таблицей. Данный перечень образует только одну из составляющих содержания таблицы. Он может быть представлен алфавитным списком, приведённым в приложении А (<http://systemling.narod.ru/informat/OntoIRE/1nomenclature.doc>)² к статье. Этот список можно интерпретировать как онтологию первого (поверхностного) уровня, соответствующую поставленной цели:

$$\Omega_1 = \Omega(C_1, \emptyset, \emptyset, \emptyset), \quad (1)$$

где C_1 – множество классов ИР.

ОТНОШЕНИЯ ЭКВИВАЛЕНТНОСТИ

Оставаясь на уровне перечисления классов ИР, можно заметить, что имена многих классов предполагают изменчивость. Так, форма имени «Презентация/демонстрация» предполагает, что данный класс ИР может именоваться также «Презентация» и «Демонстрация», т.е. тремя различными формами. А имя «Тезисы доклада (сообщения) на научной конференции (съезде, симпозиуме)» допускает изменение даже двух слов, не все варианты включены в C_1 . Общее количество форм этого имени – более 10. Таким образом, классы ИР именуются не одним именем, а некоторыми множествами равнозначных имён. В теории информационного поиска такие множества называют термином «дескриптор», а

¹ Стандарты на информационно-поисковые тезаурусы впервые были разработаны в 60-х годах прошлого века, когда концепция формальных онтологий отсутствовала. Недавно приняты новые международные стандарты ИСО 25964, которые учитывают современные потребности без изменения основных положений и вводят понятие информационно-поискового тезауруса в круг других представлений о формализации онтологии предметных областей ИР.

² Приложения к статье представлены на сайте systemling.narod.ru. Ссылки на содержащиеся там таблицы даются по мере их упоминания. Общий список приложений приведён в конце статьи.

между отдельными формами дескриптора считают установленным отношение синонимии (эквивалентности)³. При таком подходе словарь имён должен быть расширен и для каждой формы дескриптора должен быть указан список синонимичных форм. Этот словарь C_2 реализует более глубокое представление онтологии ИР сферы образования. Учитывая вариативность именования классов ИР, получаем формальную онтологию:

$$\Omega_2 = \Omega(C_2, \emptyset, R_2, \emptyset), \quad (2)$$

где R_2 – множество отношений между элементами словаря C_2 , включающее единственный тип – отношение синонимии, которое обозначим греческой буквой Σ (от слова $\Sigma\nu\nu\nu\mu\iota\alpha$ – равноимённость); $R_2 = \{ \Sigma \}$.

Отношение синонимии разбивает словарь C_2 , на совокупность классов, каждому из которых сопоставлен один элемент словаря C_1 . Эту формальную систему можно поэтому представить без введения отношения Σ как онтологию:

$$\Omega_3 = \Omega((C_1, C_2), P_3, \emptyset, \emptyset), \quad (3)$$

где P_3 – свойство элементов словаря C_2 принадлежать к классу синонимов того или иного элемента словаря C_1 .

Сами элементы C_1 выступают как значения этого свойства. Иначе говоря, P_3 задает отображение $C_2 \rightarrow C_1$.

Таким образом, онтология классов ИР с учётом вариативности имён может быть представлена двумя способами, которые согласуются с поставленной целью:

– множеством форм именования классов ИР C_2 , на котором определено отношение Σ . Этот вариант представлен в приложении Б (<http://systemling.narod.ru/informat/OntoIRE/2synonymy1.doc>);

– множествами C_1 , C_2 и связывающим их свойством «элемент C_2 является возможной формулировкой элемента C_1 ».

Последний вариант представлен в приложении В одной таблицей, приведенной в двух видах – таблица В1 и таблица В2 (<http://systemling.narod.ru/informat/OntoIRE/3synonymy2.doc>). Эти таблицы состоят из двух столбцов. В одном столбце содержится перечень элементов словаря C_1 , а в другом – соответствующих им элементов C_2 . Разница заключается только в расположении столбцов и в упорядоченности элементов в них. Второй способ глубже отражает онтологию ИР, поскольку указывает, какой из синонимов дескриптора является предпочтительным именем класса.

Таблицы В1 и В2 можно слить в одну, упорядочить по алфавиту и ликвидировать дублирование имен дескрипторов. В получившейся таблице В3 перечислены все дескрипторы, для которых указаны возможные вариации их имени (называемые аскрипторами или синонимами дескриптора), а также перечислены все аскрипторы (показаны курсивом) с указанием на соответствующий дескриптор. Такая структура в практике информационного поиска носит наименование дескрипторный словарь.

В таблице В3 отношение синонимии распадается на два взаимно обратных отношения – С: («синоним» – отражение дескриптора на совокупность его синонимов) и См: («смотри» – отражение аскриптора на соответствующий синонимичный дескриптор). Обозначения С: и См: выбраны в соответствии с ГОСТ 7.25 как сокращения слов «синоним» и «смотри» соответственно⁴. Эти сокращения будем использовать как для обозначения ссылок между дескриптором и аскрипторами в таблицах элементов онтологии, так и для обозначения соответствующих формальных отношений между элементами.

³ Точнее, дескриптором называют как класс синонимичных имён объектов, так и одно из этих имён, выбранное для представления класса в целом.

⁴ Установленные ГОСТ 7.25 обозначения отношений здесь и далее мы дополнили знаком двоеточия для более яркого отражения функций этих сокращений. В англоязычных тезаурусах соответствующие отношения обозначают символами *UF* (*used for*) и *USE* согласно международному стандарту ISO 25964-1:2011.

С использованием отношений $C:$ и $C_m:$ онтологию классов ИР можно представить структурой Ω_{3a} , которая содержательно эквивалентна структуре Ω_3 :

$$\Omega_{3a} = \Omega(C_2, \emptyset, R_{3a}, \emptyset), \quad (3a)$$

где $R_{3a} = \{C:, C_m:\}$ – множество отношений, состоящее из двух указанных элементов.

Отношение $C:$ – многозначное; оно определено на множестве дескрипторов с областью значений, составляющей множество аскрипторов, т. е. у дескриптора может быть несколько синонимов или ни одного. Отношение $C_m:$ – функциональное; оно определено на множестве всех аскрипторов и отображает его во множество дескрипторов, т.е. у каждого аскриптора имеется один и только один дескриптор, являющийся предпочтительным именем соответствующего класса ИР, а дескрипторы разных аскрипторов могут совпадать.

ИЕРАРХИЯ КЛАССОВ

В исходной классификационной таблице из [1, 5] не только перечислены классы ИР, но заданы классификации их типов и назначений. В перечень типов ИР вводится отношение взаимного включения классов. Точнее, два связанных отношения, которые обозначим $BP:$ и $HB:$ ⁵. Отношение $BP:$ – выше-род – сопоставляет некоторому имени класса ИР x имя охватывающего класса y : $BP:(x) = y$, если $y \supset x$. Это же обстоятельство выражается через отношение ниже-вид: $HB:(y) = x$. Формальная онтология ИР приобретает вид:

$$\Omega_4 = \Omega((C_1, C_2), P_3, R_4, \emptyset), \quad (4)$$

где $R_4 = \{BP:, HB:\}$.

Отношения $BP:$ и $HB:$ могут быть выражены путём присвоения именам классов ИР (дескрипторам имён классов) иерархических числовых кодов, отражающих подчиненность классов. В совокупности с расположением списка имён классов согласно возрастанию кодовых номеров получается классификационная таблица, которая наглядно и компактно представляет структуру онтологии ИР на данном уровне рассмотрения. Эту же структуру можно представить согласно поставленной цели. Для этого следует каждому дескриптору приписать имена всех классов, связанных с данным классом отношениями $BP:$ и $HB:$, а для каждого из этих отношений указать все пары связанных им имён классов ИР. Соответствующее дополнение таблицы ВЗ превращает её в форму, предусмотренную для лексико-семантического указателя тезауруса согласно ГОСТ 7.25 (табл. Г1 в прилож. Г), где для дескрипторов указаны имеющиеся подклассы с пометой $HB:$ и надклассы с пометой $BP:$. При этом исходная классификационная таблица с иерархическими кодами может рассматриваться как иерархический указатель согласно ГОСТ 7.25 (<http://systemling.narod.ru/informat/OntoIRE/4hierarchy.doc>).

Таблица Г1 образует адекватное представление онтологии ИР:

$$\Omega_5 = \Omega(C_2, \emptyset, R_5, \emptyset), \quad (5)$$

где $R_5 = \{C:, C_m:, BP:, HB:\}$.

ПОЛИИЕРАРХИЯ

Согласно [1] большая часть классов ИР распадается на две категории в соответствии с типом носителя данных – компьютерные и бумажные. Для различения «одноимённых» ресурсов компьютерные представления снабдим релятором 1, а бумажные – релятором 4 (указываются в квадратных скобках) в соответствии с номером раздела исходной классификационной таблицы [1, 5]. При этом для каждого бумажного ИР находится соответствующий компьютерный, имеющий идентичное наименование и содержание (контент). Этот факт формально никак не отражён в [1, 5], но имеет большое значение для пользователей ИР, желающих получить информацию независимо от того, на каком носителе она представлена. Онтология в структуре информационно-поискового тезауруса может

⁵ Эти обозначения следуют стандартам на представление информационно-поисковых тезаурусов ГОСТ 7.25 и ИСО 25964-1. В англоязычных тезаурусах им соответствуют обозначения *BTG* и *NTG* (*broader term generic*, *narrower term generic*).

отразить дополнительные связи дескрипторов такого типа. Для этого достаточно ввести в словари C_1 и C_2 наименования соответствующих обобщающих классов. Эти дескрипторы будут отражать классы ИР, объединённые контентом, независимо от носителя, а их представления на том или ином носителе будут соответствующими подклассами, связанными родовидовыми отношениями ВР: и НВ: . Эти связи будут показаны в дескрипторных статьях наряду с иерархическими связями.

При использовании данного подхода ряд дескрипторов входят одновременно в разные родовые объединения, в разные иерархические цепи. Например:

Автореферат диссертации	НВ: Автореферат диссертации [1] НВ: Автореферат диссертации [4]
Автореферат диссертации [1]	ВР: Автореферат диссертации ВР: Электронные представления бумажных изданий и документов
Автореферат диссертации [4]	ВР: Автореферат диссертации ВР: ИР на бумажных носителях

Такие полииерархические связи не удаётся отразить обычными классификационными таблицами, но они естественно входят в тезаурусную форму представления онтологий.

Другой источник полииерархических связей, дополнительных к иерархии, устанавливаемой классификационной таблицей, заключается в анализе определений типов ИР, приведённых в [1, 5]. Там можно почерпнуть сведения о том, что в родовидовых отношениях находятся, в частности, следующие группы ИР:

- пособие – наглядное пособие, практическое пособие, практическое руководство;
- словарь – языковой словарь, толковый словарь, терминологический словарь, разговорник;
- энциклопедия – энциклопедический словарь;
- справочник – биографический справочник, библиографический справочник, путеводитель;
- каталог – издательский каталог, каталог выставки, музейный каталог, номенклатурный каталог, промышленный каталог;
- учебное пособие – учебно-наглядное пособие, хрестоматия, практикум, учебник;
- и другие.

С учётом этих отношений получаем более глубокое представление онтологии ИР сферы образования:

$$\Omega_6 = \Omega(C_3, \emptyset, R_5, \emptyset), \quad (6)$$

где $R_5 = \{C:, Cm:, ВР:, НВ:\}$.

Здесь состав типов отношений R_5 формально не претерпел изменений, но содержательно отношения ВР:, НВ: расширились за счёт включения новых пар дескрипторов. Онтология Ω_6 описывает структуру системы ИР полнее, чем исходная таблица классификации, поскольку в ней учтены дополнительные сведения, которые не выражены в табличной форме. Лексико-семантический указатель тезауруса, соответствующего онтологии Ω_6 , приведён в приложении Д (<http://systemling.narod.ru/informat/OntoIRE/5polyhierarchy.doc>). Иерархический указатель тезауруса пополняется вновь введёнными обобщающими дескрипторами со ссылками на их виды в соответствии с носителем данных. Соответствующий перечень уже содержится в лексико-семантическом указателе.

Кроме видов ИР классификационная таблица из [1, 5] задаёт список назначений ИР. Термины назначений можно считать свойствами классов ИР. Они образуют множество P_4 . В свою очередь, классы ИР, объединённые общим для них назначением (свойством из P_4), нетрудно обозначить соответствующими именами, составленными из имени класса и имени назначения, например:

- вид ИР – базы данных;
- назначение – научное;
- имя класса – научные базы данных.

Такие составные имена формируются для обозначения классов ИР, которым свойственно то или иное назначение в соответствии с [1]. В свою очередь, каждому из назначений в целом соответствует свой обобщающий класс ИР, обозначаемый одним из следующих 13 имён (в соответствии с ГОСТ 7.60):

- официальные ИР;
- научные ИР;
- научно-популярные ИР;
- литературно-художественные ИР;
- производственно-практические ИР;
- нормативные производственно-практические ИР;
- учебные ИР;
- массово-политические ИР;
- духовно-просветительские ИР;
- ИР информационного назначения;
- рекламные ИР;
- ИР для досуга.

Эти новые имена классов ИР связаны с именами из словаря S_3 родовидовыми отношениями ВР: и НВ:. При этом составные имена классов (с указанием назначения) будут наделены полииерархическими связями: с одной стороны, с соответствующим именем ИР без указания назначения, а с другой стороны, с именем обобщающего класса ресурсов данного назначения. Например:

Научные базы данных	ВР: базы данных
	ВР: научные ИР

Для имён классов без указания назначения могут быть перечислены соответствующие видовые классы (в именах которых указано назначение), например:

Базы данных	НВ: научные базы данных
	НВ: производственно-практические базы данных
	НВ: учебные базы данных
	НВ: производственно-практические базы данных
	НВ: рекламные базы данных

Для каждого обобщающего класса назначения могут быть перечислены классы ИР такого назначения, например:

Официальные ИР	НВ: официальный электронный журнал
	НВ: официальная электронная газета
	НВ: официальная интернет-публикация
	НВ: официальная газетная/журнальная публикация [1]
	НВ: официальное уставное издание [1]
	НВ: официальная инструкция [1]
	НВ: официальный массив инструкций
	НВ: официальный стандарт [1]
	НВ: официальный массив стандартов
	НВ: официальный бюллетень [1]

	НВ: официальный массив бюллетеней
	и т.д.

С учётом всего этого получаем полное описание исходной классификационной таблицы в виде онтологии:

$$\Omega_7 = \Omega(C_4, \emptyset, R_5, \emptyset), \quad (7)$$

где $R_5 = \{C_1, C_m, C_{VP}, C_{NB}\}$; C_4 – это C_3 , дополненный именами составных и обобщающих назначения классов ИР.

Эта онтология, как и предыдущая Ω_6 , адекватно представляется лексико-семантическим указателем тезауруса с полииерархией. Форма этого указателя представлена в приложении Е (<http://systemling.narod.ru/informat/OntoIRE/6pjlyhierachy2.doc>). Ниже предлагается более экономный способ отражения характеристик ИР по назначению.

АССОЦИАТИВНЫЕ ОТНОШЕНИЯ

Типичный информационно-поисковый тезаурус согласно ГОСТ 7.25 имеет в своём составе также ассоциативные связи дескрипторов. Их устанавливают между объектами, связанными друг с другом в процессах жизненного цикла, поскольку информация по одному из них может оказаться полезной для интересующихся другим объектом. Обычным источником таких связей являются ассоциации по смежности (часть-целое, сырьё-продукт, причина-следствие и т. п.) и ассоциации по сходству (совпадение свойств и структуры объектов).

В классификации образовательных ИР [1, 5] можно найти основания для установления ассоциативных связей. Так, например, в ней фигурируют следующие наименования ИР:

- автореферат диссертации [4] и массив авторефератов диссертаций;
- инструкция [4] и массив инструкций;
- стандарт [4] и массив стандартов;
- научная работа, статья из сборника и сборник научных работ, статей;
- и т.п.

Это типичные ассоциации по смежности типа часть-целое. Ассоциации по сходству могут быть установлены, например, между дескрипторами:

- отчёт о НИР и отчёт об УНИР
- выпускная работа бакалавра и дипломный проект/работа.

Указанные ассоциативные связи уже введены в лексико-семантический указатель тезауруса, представленный в приложении Д. Ассоциации по смежности обозначены ссылками АСМ:, ассоциации по сходству – АСХ:.

В итоге получено тезаурусное представление онтологии ИР, соответствующее [1, 5], которое использует все возможности, рекомендуемые ГОСТ 7.25, и несколько углубляет классификацию ИР, введенную в [1, 5].

КАТЕГОРИИ ДЕСКРИПТОРОВ

Назначение ИР может быть отражено в тезаурусной форме более экономным образом, чем описано в разделе 8. Для этого нужно ввести в словник тезауруса C_3 сами термины назначений вместо комбинаций наименований классов ИР с их возможными назначениями. При этом новый словник C_5 по сравнению с C_3 возрастает всего на 13 терминов. Эти термины можно взять в форме, определенной в ГОСТ 7.60.

Добавленные 13 дескрипторов составляют в C_5 особую семантическую категорию, поскольку обозначают не классы ИР, а некоторые атрибуты классов. Это выражено грамматической формой терминов: классы ИР названы именами существительными (точнее – номинативными фразами), а назначения – прилагательными (атрибутивными фразами: научное, учебное и т.д.). Формализовать такое различие дескрипторов можно введением в онтологию двух свойств: «обозначает класс ИР» и «обозначает назначение ИР», которые

можно указать в дескрипторных статьях специальными пометами, предусмотренным в стандартах на тезаурус, например, пометами «К: ИР» и «К: назначение»⁶. Между классами ИР и классами, представляющими назначения, должна быть указана связь, которая по смыслу является ассоциацией по смежности. Для отражения специфики этой связи обозначим её особыми символами: Нз: в статьях дескрипторов категории «ИР» и символом Зн: в статьях категории «назначение».

Пример тезаурусной статьи дескриптора категории «ИР»:

База данных	К: ИР
	ВР: информационные продукты
	Нз: научное
	Нз: производственно-практическое
	Нз: нормативно-производственно-практическое
	Нз: учебное
	Нз: справочное
	Нз: рекламное

Пример тезаурусной статьи дескриптора категории «назначение»:

Научное	К: назначение
	Зн: база данных
	Зн: презентация/демонстрация
	Зн: электронный журнал
	Зн: мультимедийная запись
	и т.д.

Такое представление соответствует онтологии:

$$\Omega_8 = \Omega(C_5, P_4, R_6, \emptyset), \quad (7)$$

где $R_6 = \{C:, См:, ВР:, НВ:, АСМ:, АСХ:, Нз:, Зн:\}$; C_5 – это C_3 , дополненный 13 именами назначений ИР; $P_4 = \{К:ИР, К:назначение\}$.

Лексико-семантический указатель тезауруса с учётом введённых дескрипторов и их связей приведен в приложении Ж (<http://systemling.narod.ru/informat/OntoIRE/7categories1.doc>). Он адекватно представляет онтологию Ω_8 .

УРОВНИ ОБРАЗОВАНИЯ И ЦЕЛЕВАЯ АУДИТОРИЯ

Классы ИР, обозначаемые дескрипторами таблицы Ж1 (приложение Ж), могут различаться по другим характеристикам, важным для системы образования. Такими характеристиками, в частности, являются:

- соответствие ИР уровню и ступени образования;
- ориентация ИР на определенную целевую аудиторию.

Соответствующие классификаторы введены в [1, 5]. Аналогично характеристикам назначения ИР данные классификаторы могут быть отражены в таблице Ж1.

ОНТОЛОГИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ МЕТАДААННЫХ

С точки зрения построения формальной онтологии элементы метаданных можно разделить на две группы. К первой относятся элементы, принимающие значения, выбираемые из определенных источников (словарей, классификаторов). В частности, это значения, задаваемые словарями LOM и их расширением RUS_LOM, например, период обновления ИР, тип носителя данных, категория пользователей и др. Каждому значению

⁶ Эти обозначения следует читать так: К: ИР – категорией дескриптора является класс ИР; и К: назначение – категорией дескриптора является назначение ИР.

элемента метаданных соответствует определённый класс ИР. Соотношение этих классов с типологией, описанной выше, требует дальнейшего изучения, без которого эти метаданные разбивают множество ИР сферы образования на независимые фасеты, образующие тривиальную номенклатурную онтологию.

Вторую группу составляют элементы, которые заполняются произвольными значениями – численными данными или текстами на естественном языке. Например, заглавие ИР, аннотация – тексты; тираж, длительность воспроизведения – численные данные. Эти признаки устанавливают на множестве ИР не разбиение, а сложную систему отношений, отображающую реальную (в философском смысле слова) онтологию объектов действительности. Формализация этих отношений выходит за рамки поставленной задачи.

Промежуточное положение занимают элементы метаданных, задаваемые сложными классификационными системами: библиографическими классификациями (УДК, ГРНТИ и др.), классификациями стран, языков и др. Каждая такая классификационная система должна быть рассмотрена отдельно на предмет построения на её основе формальной онтологии. После этого полученная онтология может быть сопоставлена и объединена с онтологией ИР сферы образования.

Еще одна важная задача состоит в формальном описании самой системы метаданных, которая включает достаточно много сущностей и отношений. Решение этой задачи планируется представить в отдельных публикациях.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Таблицы, образующие построенные варианты онтологии классов ИР сферы образования, представлены в Интернете по следующим ссылкам:

1. Приложение А. Номенклатура информационных ресурсов образования.
[http://spec.edu.ru/sights%5Cspec.nsf/\(all\)/7CACA24C53EF546B44257B9E0068CA06](http://spec.edu.ru/sights%5Cspec.nsf/(all)/7CACA24C53EF546B44257B9E0068CA06)
2. Приложение Б. Отношения эквивалентности.
3. [http://spec.edu.ru/sights%5Cspec.nsf/\(all\)/88AE592023013AAA44257B9F003160BE](http://spec.edu.ru/sights%5Cspec.nsf/(all)/88AE592023013AAA44257B9F003160BE)
4. Приложение В. Соответствие элементов словарей C_1 и C_2 .
[http://spec.edu.ru/sights%5Cspec.nsf/\(all\)/88DBD685D48AD7D144257B9F0031ABB5](http://spec.edu.ru/sights%5Cspec.nsf/(all)/88DBD685D48AD7D144257B9F0031ABB5)
5. Приложение Г. Лексико-семантический указатель тезауруса.
[http://spec.edu.ru/sights%5Cspec.nsf/\(all\)/3FFC154D24AB244444257B9F0031C04E](http://spec.edu.ru/sights%5Cspec.nsf/(all)/3FFC154D24AB244444257B9F0031C04E)
6. Приложение Д. Лексико-семантический указатель с полииерархией.
[http://spec.edu.ru/sights%5Cspec.nsf/\(all\)/A3C9D0E2E054FF0544257B9F0031DDCD](http://spec.edu.ru/sights%5Cspec.nsf/(all)/A3C9D0E2E054FF0544257B9F0031DDCD)
7. Приложение Е. Тезаурус с развитой полииерархией.
[http://spec.edu.ru/sights%5Cspec.nsf/\(all\)/D5A817A945ED96B244257B9F00326247](http://spec.edu.ru/sights%5Cspec.nsf/(all)/D5A817A945ED96B244257B9F00326247)
8. Приложение Ж. Тезаурус с двумя категориями дескрипторов.
[http://spec.edu.ru/sights%5Cspec.nsf/\(all\)/FE9D060FAC95001744257B9F00327AE6](http://spec.edu.ru/sights%5Cspec.nsf/(all)/FE9D060FAC95001744257B9F00327AE6)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Башмаков А.И., Старых В.А. Систематизация информационных ресурсов для сферы образования: классификация и метаданные. – М.: «Европейский центр по качеству», 2003. – 384 с.
2. Башмаков А.И., Старых В.А. Модели, методы и средства создания национальной инфраструктуры систематизации и управления информационными ресурсами сферы образования // Качество. Инновации. Образование, 2010. – № 3(58). – С. 33-38.
3. Башмаков А.И., Старых В.А. Опыт создания открытых информационно-образовательных сред и систематизации информационных ресурсов на основе локализации и гармонизации международных стандартов и спецификаций в области электронного обучения и информационно-технологической поддержки сферы образования // Информатизация образования и науки, 2010. – № 3(7). – С. 119-136.
4. Башмаков А.И., Старых В.А. Каталогизация образовательных информационных ресурсов // Интернет-порталы: содержание и технологии: сб. науч. ст. – Вып. 1 / Редкол.:

- А.Н. Тихонов (пред.) и др.; ГНИИ ИТТ «Информика». – М.: Просвещение, 2003. – С. 511-558.
5. Башмаков А.И., Старых В.А. Принципы и технологические основы создания открытых информационно-образовательных сред. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. – 719 с.
 6. IEEE Std 1484.12.1-2002. IEEE Standard for Learning Technology – Learning Object Metadata standard. – New York: IEEE, 2002.
 7. Башмаков А.И., Старых В.А. Нормативно-техническое обеспечение информационных технологий в образовании. Выпуск 1. Принципы построения и описания профилей стандартов и спецификаций информационно-образовательных сред. Метаданные для информационно-образовательных ресурсов сферы образования. – М.: ФГУ ГНИИ ИТТ «Информика», 2009. – 378 с.
 8. ГОСТ 7.60-2003. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Издания. Основные виды. Термины и определения. – М., 2004.
 9. Башмаков А.И., Башмаков И.А. Интеллектуальные информационные технологии: учеб. пособие. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. – 304 с.
 10. ГОСТ 7.25-2001 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Тезаурус информационно-поисковый одноязычный. Правила разработки, структура, состав и форма представления. – М., 2002. – 16 с.
 11. ISO 2788:1986 Documentation – Guidelines for the establishment and development of monolingual thesauri. – Genève: ISO, 1986. – [Заменён на ISO 25964-1:2011].
 12. ISO 25964-1:2011 Information and documentation – Thesauri and interoperability with other vocabularies – Part 1: Thesauri for information retrieval – Genève: ISO, 2011. – 152 p.; ISO 25964-2:2013 Information and documentation – Thesauri and interoperability with other vocabularies – Part 2: Interoperability with other vocabularies – Genève: ISO, 2013. – 99 p.

Старых Владимир Александрович

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», г. Москва
Кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры ВСИС, декан ФИТ и ВТ МИЭМ НИУ ВШЭ
Тел.: 8 (495) 772-95-90*11089
E-mail: vstarykh@hse.ru

Башмаков Александр Игоревич

ЗАО «Научно-производственное объединение «ИНФОРМ-СИСТЕМА», г. Москва
Кандидат технических наук, доцент, заместитель генерального директора по науке
Тел.: 8 903 795 93 47
E-mail: ab30@rbcmail.ru

Белоозеров Виктор Николаевич

ФГБУН Всероссийский институт научной и технической информации Российской академии наук (ВИНИТИ РАН)
Кандидат филологических наук, доцент, заведующий сектором
Тел.: 8 (499) 155-43-23, 8 (499) 155-42-52

V.A. STARY'X (*Candidate of Engineering Science, Associate Professor, Professor of the Department CSN, dean*)

National Research University «Higher School of Economics», Moscow

A.I. BASHMAKOV (*Candidate of Engineering Science, Associate Professor, Deputy Director General for Research*)

CJSC «Scientific and Production Association «Inform-Sistema», Moscow

V.N. BELOOZYOROV (*Candidate of Philological Sciences, Associate Professor, Head of Sector*)
FSIS All-Russian Institute of Scientific and Technical Information of the Russian Academy of Sciences, Moscow

INFORMATION RESOURCES FOR AN EDUCATION:
CATALOGUING, CLASSIFICATION, ONTOLOGY

In article process of construction formal ontology of information resources system for an education, that pursues the aim to reflect representation about this sphere in the automated systems intended for creation, account, ordering, storage, search and use of these resources in educational institutions of various level is stated. The system of information resources is set by the accepted dictionaries and qualifiers in structure of metadata LOM with the additions reflecting domestic specificity. However structure and borders of this system have no accurate definiteness and come to light in the process of the description depending on a problem and aspect of consideration. This area of the validity limited to problems of the given stage of the description, we will name a subject domain of information resources of an education. For management of information resources of an education the effective and co-ordinated mechanism of the description and cataloguing of the information which can be applied in educational portals, electronic libraries, learning management systems, information storehouses and other educational information systems should be developed and introduced. Such mechanism based on classification of types of information resources and the specification of model of their metadata, is offered in [1]. Modern requirements to formalisation of metadata define necessity of construction of model formal ontology a subject domain of information resources for an education assuming working out of technologies of ordering and management by these resources. In article bases of these technologies are considered.

Keywords: *information resource; education; classification; ordering; cataloguing; metadata; ontology; model; relation.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Bashmakov A.I., Sary'x V.A. Sistematizaciya informacionny'x resursov dlya sfery' obrazovaniya: klassifikaciya i metadanny'e. – M.: «Evropejskij centr po kachestvu», 2003. – 384 s.
2. Bashmakov A.I., Sary'x V.A. Modeli, metdy' i sredstva sozdaniya nacional'noj infrastruktury' sistematizacii i upravleniya informacionny'mi resursami sfery' obrazovaniya // Kachestvo. Innovacii. Obrazovanie, 2010. – № 3(58). – S. 33-38.
3. Bashmakov A.I., Sary'x V.A. Opy't sozdaniya otkry'ty'x informacionno-obrazovatel'ny'x sred i sistematizacii informacionny'x resursov na osnove lokalizacii i garmonizacii mezhdunarodny'x standartov i specifikacij v oblasti e'lektronogo obucheniya i informacionno-tekhnologicheskoy podderzhki sfery' obrazovaniya // Informatizaciya obrazovaniya i nauki, 2010. – № 3(7). – S. 119-136.
4. Bashmakov A.I., Sary'x V.A. Katalogizaciya obrazvatel'ny'x informacionny'x resursov // Internet-portaly': sodержanie i tekhnologii: sb. nauch. st. – Vy'p. 1 / Redkol.: A.N. Tixonov (pred.) i dr.; GNII ITT «Informika». – M.: Prosveshhenie, 2003. – S. 511-558.
5. Bashmakov A.I., Sary'x V.A. Principy' i tekhnologicheskie osnovy' sozdaniya otkry'ty'x informacionno-obrazvatel'ny'x sred. – M.: BINOM. Labratoriya znaniy, 2010. – 719 s.
6. IEEE Std 1484.12.1-2002. IEEE Standard for Learning Technology – Learning Object Metadata standard. – New York: IEEE, 2002.
7. Bashmakov A.I., Sary'x V.A. Normativno-tekhnicheskoe obespechenie informacionny'x tekhnologij v obrazvanii. Vy'pusk 1. Principy' postreniya i opisaniya profilej standartov i specifikacij informacionno-obrazovatel'ny'x sred. Metadanny'e dlya informacionno-obrazovatel'ny'x resursov sfery' obrazvaniya. – M.: FGU GNII ITT «Informika», 2009. – 378 s.
8. ГОСТ 7.60-2003. Sistema standartov po informacii, bibliotechnomu i izdatel'skomu delu. Izdaniya. Osnovny'e vidy'. Terminy' i opredeleniya. – M., 2004.
9. Bashmakov A.I., Bashmakov I.A. Intellektual'ny'e infrmacionny'e tekhnologii: ucheb. posobie. – M.: Izdvo MGTU im. N.E'. Bauman, 2005. – 304 s.
10. GOST 7.25-2001 Sistema standartov po informacii, bibliotechnomu i izdatel'skomu delu. Tezaurus informacionno-poiskovy'j odnoyazy'chny'j. Pravila razrabotki, struktura, sostav i forma predstavleniya. – M., 2002. – 16 s.
11. ISO 2788:1986 Documentation – Guidelines for the establishment and development of monolingual thesauri. – Genève: ISO, 1986. – [Zamenyon na ISO 25964-1:2011].
12. ISO 25964-1:2011 Information and documentation – Thesauri and interoperability with other vocabularies – Part 1: Thesauri for information retrieval – Genève: ISO, 2011. – 152 p.; ISO 25964-2:2013 Information and documentation – Thesauri and interoperability with other vocabularies – Part 2: Interoperability with other vocabularies – Genève: ISO, 2013. – 99 p.

УДК 004.75

В.А. ДУНАЕВ

ОЦЕНКА ВРЕМЕНИ РЕАКЦИИ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ БАЗЫ ДАННЫХ НА ЗАПРОСЫ ПРИ ГИБРИДНОМ МЕХАНИЗМЕ РЕПЛИКАЦИИ

В работе обоснована актуальность повышения оперативности обработки запросов в распределенных базах данных корпоративных информационно-вычислительных систем при ограничениях на сетевые и вычислительные ресурсы. Предложена модель на основе аппарата теории массового обслуживания, отличающаяся новым гибридным механизмом с учетом его особенностей и доступных вычислительных и сетевых ресурсов. Приведены результаты моделирования при заданном наборе значений параметров в среде Mathcad.

Ключевые слова: оценка времени реакции распределенной базы данных; распределенная база данных; модель обработки запросов; репликация; теория массового обслуживания.

ВВЕДЕНИЕ

Эффективность функционирования корпоративных информационно-вычислительных систем (КИВС) для автоматизированного управления предприятием напрямую зависит от времени реакции на события, происходящие в управляемом процессе:

- сбор данных об объекте управления (требуемое время реакции – доли секунд);
- расчет параметров управляемого процесса (требуемое время реакции – секунды);
- решение задач оптимизации и адаптивного управления процессами (требуемое время реакции – секунды);
- решение информационных задач (требуемое время реакции – минуты) [**Ошибка!**

Источник ссылки не найден.].

Уровень современного развития информационных технологий и сетевой инфраструктуры позволяет удовлетворять эти требования на основе технологий распределенных баз данных (РБД). При этом [**Ошибка! Источник ссылки не найден.]**:

- повышается производительность обработки данных;
- улучшается надежность хранения данных;
- ликвидируется зависимость от центрального узла;
- данные становятся «ближе» к устройствам управления.

Основной сложностью применения РБД является необходимость поддержания в непротиворечивом состоянии данных в узлах РБД. Это достигается за счет технологий репликации данных. Каждый раз при изменении копии она начинает отличаться от всех прочих. Для сохранения непротиворечивости данных изменения должны быть перенесены и на остальные копии [**Ошибка! Источник ссылки не найден.]**.

При синхронной репликации транзакции не фиксируются до тех пор, пока на все узлы, содержащих копии данных, не будут внесены изменения. Это позволяет добиться максимальной актуальности данных, но вносит дополнительные задержки, вызванные блокировкой обновляемых данных. Реализация синхронной репликации возможна только при наличии надежных высокоскоростных каналов связи.

При асинхронной репликации изменения в копии данных вносятся независимо друг от друга, что позволяет избавиться от задержек блокировок. Однако при таком подходе снижается актуальность данных в РБД. Режим асинхронной репликации предъявляет менее жесткие требования к ресурсам сети.

Важным вопросом обеспечения процесса репликации является выбор схемы владения данными, определяющей, какому из узлов РБД предоставлена привилегия обновления данных. Различают три типа схем владения [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**]:

1. Схема владения «ведущий/ведомый». В распределенной системе выделяется ведущий узел, на котором разрешается обновление данных. Другие узлы определяют как ведомые. Ведомые узлы получают копии данных от ведущего узла без самостоятельной возможности вносить изменения в данные.

2. Схема владения «рабочий поток». Право на обновление копируемых данных передается от одного узла РБД другому. При этом в каждый конкретный момент времени существует только один узел, имеющий право обновлять конкретный набор данных.

3. Схема владения «обновление любой копии». Создается одноранговая среда, в которой множество узлов РБД имеют одинаковые права на обновление копируемых данных. Локальные узлы имеют возможность работать автономно, когда другие узлы недоступны.

Реализация РБД со схемой владения данными «обновление любой копии», когда источников изменений несколько, проблематична, так как при увеличении нагрузки РБД перестает стабильно работать. В РБД КИВС, как правило, применяют наиболее простую схему владения данными – «ведущий/ведомый», когда все изменения данных происходят на главном сервере и только после этого передаются на резервные узлы [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**] (рис. 1).

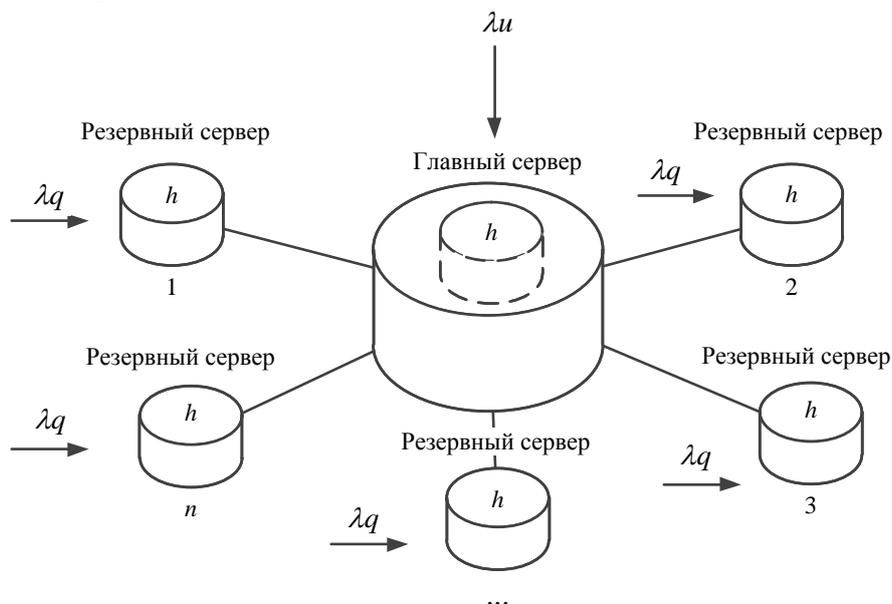


Рисунок 1 – Концептуальная схема гипотетической РБД КИВС

Несмотря на свою простоту, такая организация РБД КИВС имеет узкие места, связанные с отсутствием алгоритмов оптимального выбора параметров репликации: коэффициентов актуальности реплик (a), доли объема реплицируемых данных на резервных узлах (h), пороговых значений востребованности реплицируемых данных (v).

Поскольку РБД КИВС разрабатываются и внедряются, в первую очередь, с целью повышения оперативности автоматизированного управления предприятием, то показателем исхода операции при выполнении запроса к РБД является время реакции на запросы [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**].

При этом структура предпочтений может быть следующей [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**]:

- предпочтительнее исход с меньшим значением времени реакции;
- равнозначны исходы, для которых время реакции не превышает требуемое.

В первом случае в качестве показателя оперативности выступает математическое ожидание (МО) времени обработки запросов. Во втором случае показателем оперативности является вероятность своевременного выполнения запросов.

Для снятия неопределенности условий решения задачи в части принимаемых допущений и ограничений выделяют стратегии гарантированного результата, стохастического детерминизма и последовательного снятия неопределенности [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**].

Особенность РБД КИВС в функционировании в условиях воздействия случайных факторов. В связи с этим устойчивость значений выбранных показателей эффективности процесса обработки информации в РБД КИВС должна рассматриваться в статистическом смысле. Это достигается в рамках стратегии стохастического детерминизма.

Сложность описания процесса обработки запросов в РБД КИВС на основе вероятностной модели делает целесообразным сведение модели к детерминированной средней. Для этого случайные величины заменяются их математическими ожиданиями. В связи с этим в исследовании в качестве показателя эффективности процесса обработки запросов в РБД рассматривается МО времени обработки запросов в РБД $M[T]$.

Возникает противоречие (рис. 2): чем больше в РБД КИВС реплицируемых данных, тем выше оперативность обработки запросов, но возрастает нагрузка на сетевые и вычислительные ресурсы РБД. При этом превышение критического порога нагрузки на сетевые и вычислительные ресурсы РБД (h_{porog}) ухудшает оперативность обработки запросов. С другой стороны, снижение количества реплицируемых данных увеличивает вероятность удаленной обработки запросов, что негативно влияет на оперативность их обработки в РБД.

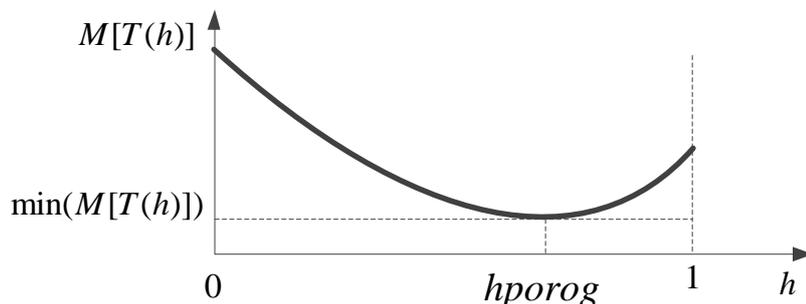


Рисунок 2 – График зависимости МО времени обработки запросов в РБД КИВС $M[T(h)]$ от доли объема реплицируемых данных (h)

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Дано: доступный сетевой ресурс (C), доступный вычислительный ресурс (W), характеристики потоков заявок (λq – интенсивность запросов на выборку, λu – интенсивность запросов на обновление), параметры репликации (a, h, v).

Требуется:

1. Разработать математическую модель обработки запросов в РБД КИВС, базирующуюся на методах теории массового обслуживания, отличающуюся учетом параметров репликации и доступных вычислительных и сетевых ресурсов.

2. Разработать алгоритм выбора значений параметров репликации данных в РБД КИВС, основанный на модели обработки запросов в РБД КИВС, отличающийся применением гибридного механизма репликации с учетом его особенностей и доступных вычислительных и сетевых ресурсов в соответствии с условием:

$$M[T(h, a, v)] \xrightarrow{C \leq C_d, W \leq W_d} \min(M[T]). \quad (1)$$

Целевой функционал алгоритма:

$$M[T(h, a, v)] = \Phi(M[T(h)], M[T(a)], M[T(v)]) \Big|_{\substack{\min(M[T]) \cdot \\ C \leq C_d \\ W \leq W_d}} \quad (2)$$

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МОДЕЛЕЙ

Вопросам повышения эффективности функционирования РБД посвящено множество работ зарубежных ученых: Э. Таненбаума, Т. Коннолли, Л. Кевина, Б. Брилла, Д. Фреда, С. Рига, Х. Кросинга и др. Среди отечественных исследователей необходимо отметить работы Д.А. Апанасевича, А.Ю. Иванова, В.Н. Кухарева, Л.И. Мейкшан и др. Несмотря на продолжительный период активного изучения данной тематики, вопрос поиска алгоритмов и механизмов, обеспечивающих эффективное функционирование РБД, не потерял свою актуальность.

В настоящем исследовании за основу взята математическая модель двухуровневой информационной системы с репликацией данных, предложенная Л.И. Мейкшан. Модель доработана с учетом особенностей РБД КИВС: снято ограничение на сетевые ресурсы РБД, введены дополнительные управляющие параметры, уточнены законы поступления заявок, расширена область определения модели.

МОДЕЛЬ ОБРАБОТКИ ЗАПРОСОВ В РБД КИВС

Рассмотрим РБД крупной КИВС, состоящую из главного сервера центрального предприятия компании и нескольких резервных серверов территориально удаленных филиалов. Главный сервер содержит основной экземпляр базы данных и получает все ее обновления, при этом соответствующие запросы образуют пуассоновский поток со средней интенсивностью λu [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**]. Резервные узлы содержат локальные БД, где хранится копия некоторой доли ($h \in [0;1]$) БД главного сервера. С вероятностью $P(h, v)$ запрос, поступающий на обновление, относится к тиражируемым данным, поэтому обработка такого запроса происходит на главном сервере и сопровождается рассылкой корректирующих сообщений в соответствующие резервные узлы.

Предполагается, что для отдельно взятого резервного сервера информационные потребности имеют четко выраженную направленность. Параметр $v \in [1; 1/h]$, где $h \neq 0$ характеризует степень востребованности данных на резервном сервере:

$$v = \frac{\lambda q_{rez}(h)}{\lambda q \cdot h}, \quad (3)$$

где $\lambda q_{rez}(h)$ – интенсивность запросов к данным на резервном узле, λq – общая интенсивность запросов на выборку данных.

Вероятность локальной обработки данных:

$$P(h, v) = h \cdot v = \frac{\lambda q_{rez}(h) \cdot h}{\lambda q \cdot h} = \frac{\lambda q_{rez}(h)}{\lambda q}. \quad (4)$$

При выборке данных для хранения на резервном узле с учетом востребованности данных вероятность обработки запросов на резервном сервере возрастает нелинейно с ростом доли хранимых на резервном узле данных (рис. 3, сплошная линия) $v1 = 1/h$.

В противном случае вероятность обработки запросов на резервном узле возрастает линейно (рис. 3, пунктирная линия). Это свидетельствует о том, что при принятии решения о тиражировании данных на резервные узлы их востребованность не учитывалась $v2 = 1$.

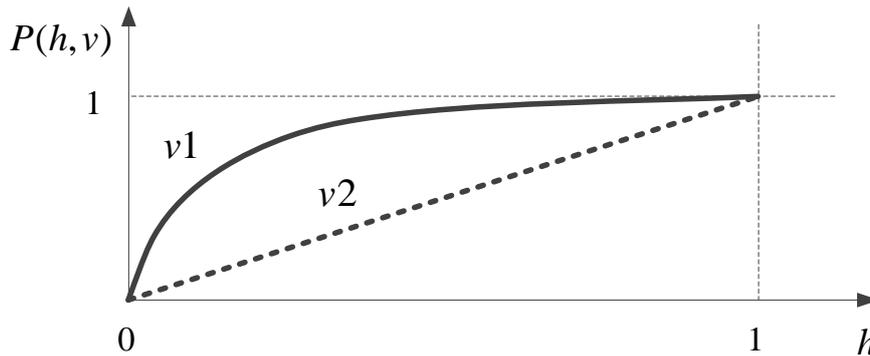


Рисунок 3 – Графики, отражающие вид зависимости вероятности обработки запросов на резервном узле $P(h, v)$ от доли данных на резервном сервере h и их коэффициента востребованности v

Чем выше значение коэффициента востребованности данных, тем больше вероятность обработки запросов на резервном сервере и тем выше МО времени обработки запроса в РБД (рис. 4).

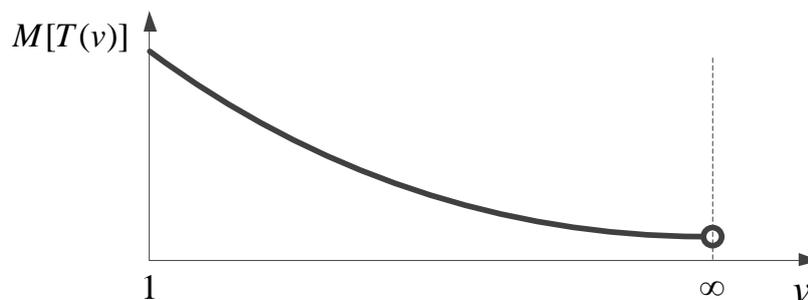


Рисунок 4 – График зависимости МО времени обработки запросов в РБД КИВС $M[T(v)]$ от коэффициента востребованности данных (v)

Параметр $a \in [0;1]$ характеризует изменение степени актуальности данных за время задержки репликации. Чем больше задержка, тем ниже актуальность реплики, но выше оперативность процесса обработки информации в РБД, так как снижается нагрузка на доступные ресурсы РБД (рис. 5).

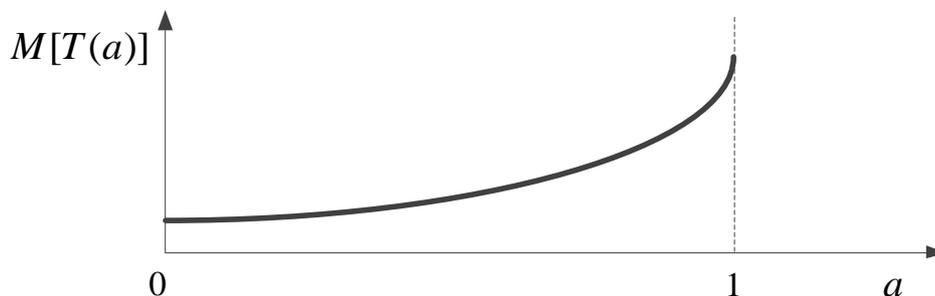


Рисунок 5 – График зависимости МО времени обработки запросов в РБД КИВС $M[T(a)]$ от коэффициентов актуальности реплик (a)

При $a=1$ актуальность данных за время задержки репликации не снижается. При $a=0$ данные на резервном узле за время задержки репликации становятся неактуальными.

$$a(tz) = 1 - \frac{\lambda_u \cdot tz}{V \cdot h}, \quad (5)$$

где tz – задержка репликации, V – размер БД главного узла.

Вероятность того, что обработка поступившего запроса на обновление потребует рассылки сообщений с новыми данными, равна $P(h, v) \cdot a(tz)$. Каждый из n резервных серверов обслуживает поисковые запросы, поступающие со средней интенсивностью λq .

Отдельные элементы рассматриваемой РБД моделируются с помощью одноканальных СМО типа 1/M/G/FCFS (рис. 6). При этом процессы обслуживания заявок разного типа характеризуются следующими величинами:

- МО времени обработки поискового запроса на главном сервере – $M[Tgq]$, на резервном сервере – $M[Trq]$;
- МО времени обработки запроса на обновление на главном сервере – $M[Tgu]$, на резервном сервере – $M[Tru]$;
- МО времени, требующегося главному серверу на отправку одного сообщения для обновления БД резервного сервера – $M[Tb]$;
- МО времени передачи запроса с резервного сервера на главный – $M[Trg(C)]$ и МО времени передачи отклика на запрос с главного сервера на резервный – $M[Tgr(C)]$.

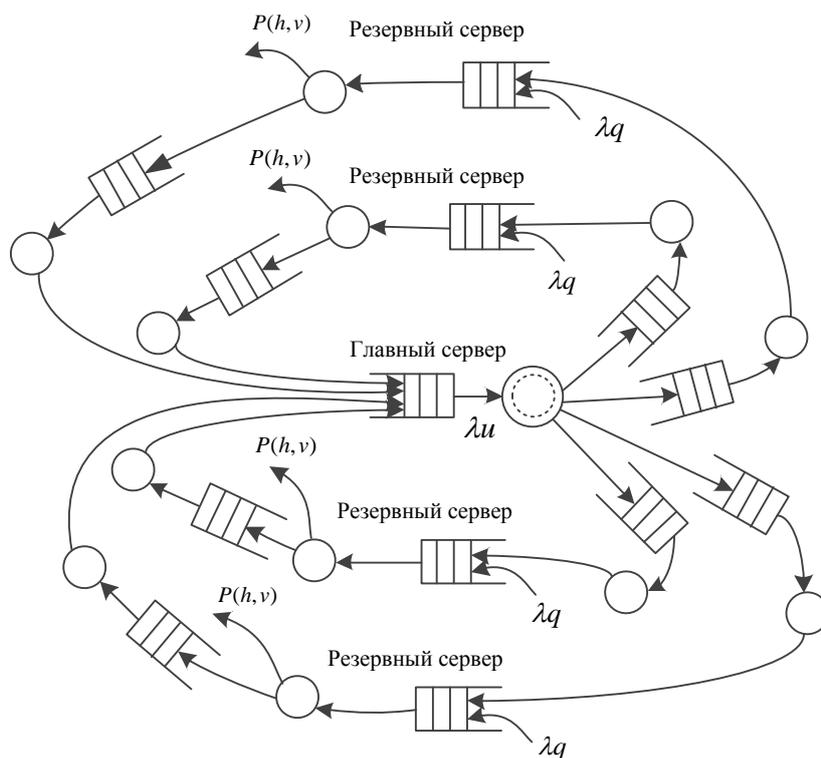


Рисунок 6 – Структура РБД КИВС в виде совокупности СМО

Математическое ожидание времени обработки запроса определяется на основе выражения [Ошибка! Источник ссылки не найден.]:

$$M[T(h, a, v)] = P(h, v) \cdot (\bar{T}r + M[Trq]) + (1 - P(h, v)) \cdot (\bar{T}gr + \bar{T}rg + \bar{T}g + M[Tgq] + M[Tgr] + M[Trg]), \quad (6)$$

где $\bar{T}g$ и $\bar{T}r$ – средние значения времени пребывания запросов в очереди на обработку для главного и резервного серверов; $\bar{T}gr$, $\bar{T}rg$ – среднее значение времени ожидания

обслуживания запросов при передаче откликов от главного сервера на резервный и передаче запросов с резервного сервера на главный.

Первое слагаемое соответствует случаю обработки запроса по локальному циклу (рис. 7, сплошные прямоугольники), когда с вероятностью $P(h, v)$ запрос обслуживается на резервном сервере. Второе слагаемое определяет обработку запроса на главном сервере по удаленному циклу с вероятностью $1 - P(h, v)$ (рис. 7, пунктирные прямоугольники).

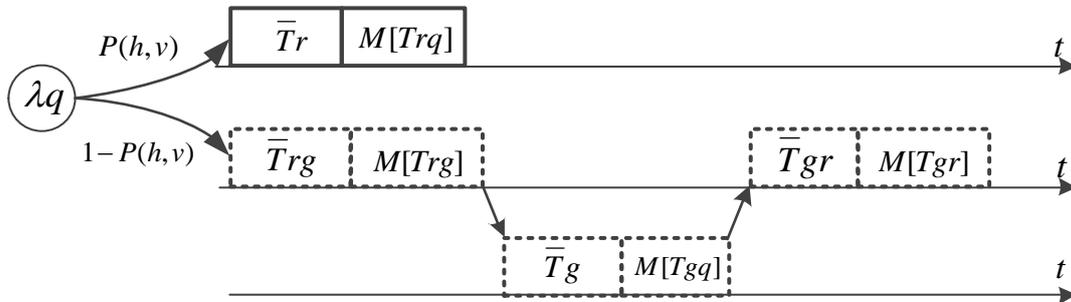


Рисунок 7 – Циклы обслуживания в РБД

МОДЕЛЬ ОБРАБОТКИ ЗАПРОСОВ НА РЕЗЕРВНОМ СЕРВЕРЕ

На резервный сервер поступает два типа запросов:

- поисковые запросы с интенсивностью $P(h, v) \cdot \lambda q$ и МО времени обработки $M[\tau q]$;
- запросы на обновление БД резервного сервера с интенсивностью и МО времени обработки $M[\tau u]$.

По формуле Поллачека-Хинчина для СМО типа 1/M/G/FCFS получаем [Ошибка! Источник ссылки не найден., Ошибка! Источник ссылки не найден.]:

$$\bar{T}_r = \frac{P(h, v) \cdot \lambda q \cdot M^2[\tau q] + a(tz) \cdot P(h) \cdot \lambda u \cdot M^2[\tau u]}{1 - (P(h, v) \cdot \lambda q \cdot M[\tau q] + a(tz) \cdot P(h) \cdot \lambda u \cdot M[\tau u])}, \quad (7)$$

где $0 \leq P(h, v) \cdot \lambda q \cdot M[\tau q] + a(tz) \cdot P(h) \cdot \lambda u \cdot M[\tau u] < 1$.

МОДЕЛЬ ОБРАБОТКИ ЗАПРОСОВ НА ГЛАВНОМ СЕРВЕРЕ

Главный сервер обрабатывает три типа запросов:

- запросы на обновление БД с интенсивностью λu и МО времени обработки $M[\tau gu]$;
- требования на отправку корректирующих сообщений для обновления БД на резервных узлах с интенсивностью $a(tz) \cdot P(h) \cdot \lambda u$ и МО времени обработки $n \cdot M[Tb]$;
- поисковые запросы от резервных серверов с интенсивностью $n \cdot (1 - P(h, v)) \cdot \lambda q$ и МО времени обработки $M[\tau gq]$.

Применение формулы Поллачека-Хинчина дает следующий результат [Ошибка! Источник ссылки не найден., Ошибка! Источник ссылки не найден.]:

$$\bar{T}_g = \frac{\lambda u \cdot M^2[\tau gu] + a(tz) \cdot P(h) \cdot \lambda u \cdot (n \cdot M[Tb])^2 + n \cdot (1 - P(h, v)) \cdot \lambda q \cdot M^2[\tau gq]}{1 - (\lambda u \cdot M[\tau gu] + a(tz) \cdot P(h) \cdot \lambda u \cdot n \cdot M[Tb] + n \cdot (1 - P(h, v)) \cdot \lambda q \cdot M[\tau gq])}, \quad (8)$$

где $0 \leq \lambda u \cdot M[\tau gu] + a(tz) \cdot P(h) \cdot \lambda u \cdot n \cdot M[Tb] + n \cdot (1 - P(h, v)) \cdot \lambda q \cdot M[\tau gq] < 1$.

МОДЕЛЬ ОБРАБОТКИ ЗАПРОСОВ ПРИ ОЖИДАНИИ ПЕРЕДАЧИ ОТКЛИКА ПО СЕТИ ОТ ГЛАВНОГО СЕРВЕРА ДО РЕЗЕРВНОГО

СМО, моделирующая работу коммуникационного оборудования между главным и резервным сервером РБД, позволяет оценить среднее время ожидания передачи отклика РБД при обслуживании запроса по удаленному циклу. В такой СМО существует два типа заявок:

– требования на отправку корректирующих сообщений для обновления БД на резервных серверах с интенсивностью $a(tz) \cdot P(h) \cdot \lambda u$ и МО времени обработки:

$$M[Tgr(C, Vobnov)] = M\left[\frac{Vobnov}{C}\right], \quad (9)$$

где $Vobnov$ – размер передаваемых обновлений;

– требования на отправку ответов на поисковые запросы, обслуживаемые по удаленному циклу, с интенсивностью $(1 - P(h, v)) \cdot \lambda q$ и МО времени обработки:

$$M[Tgr(C, Votklika)] = M\left[\frac{Votklika}{C}\right], \quad (10)$$

где $Votklika$ – размер отклика РБД при обслуживании удаленного запроса.

В соответствии с формулой Поллачека-Хинчина [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**, **Ошибка! Источник ссылки не найден.**]:

$$\bar{T}_{gr} = \frac{a(tz) \cdot P(h) \cdot \lambda u \cdot M^2\left[\frac{Vobnov}{C}\right] + (1 - P(h, v)) \cdot \lambda q \cdot M^2\left[\frac{Votklika}{C}\right]}{1 - (a(tz) \cdot P(h) \cdot \lambda u \cdot M\left[\frac{Vobnov}{C}\right] + (1 - P(h, v)) \cdot \lambda q \cdot M\left[\frac{Votklika}{C}\right])}, \quad (10)$$

где $0 \leq a(tz) \cdot P(h) \cdot \lambda u \cdot M\left[\frac{Vobnov}{C}\right] + (1 - P(h, v)) \cdot \lambda q \cdot M\left[\frac{Votklika}{C}\right] < 1$.

МОДЕЛЬ ОБРАБОТКИ ЗАПРОСОВ ПРИ ОЖИДАНИИ ПЕРЕДАЧИ ЗАПРОСА ПО СЕТИ ОТ РЕЗЕРВНОГО СЕРВЕРА ДО ГЛАВНОГО

СМО, моделирующая работу коммуникационного оборудования между резервным и главным сервером РБД, позволяет оценить среднее время ожидания передачи запроса к РБД при обслуживании по удаленному циклу.

В такой СМО существует два вида заявок:

– требования на отправку запросов к удаленному серверу с интенсивностью $(1 - P(h, v)) \cdot \lambda q$ и МО времени обработки:

$$M[Tgr(C, Vzaproza)] = M\left[\frac{Vzaproza}{C}\right], \quad (11)$$

где $Vzaproza$ – размер запроса;

– требования на отправку корректирующих сообщений для обновления БД на резервных серверах с интенсивностью $a(tz) \cdot P(h) \cdot \frac{\lambda u}{n}$ и МО времени обработки:

$$M[Tgr(C, Vobnov)] = M\left[\frac{Vobnov}{C}\right], \quad (12)$$

где $Vobnov$ – размер передаваемых обновлений.

В соответствии с формулой Поллачека-Хинчина [Ошибка! Источник ссылки не найден., Ошибка! Источник ссылки не найден.]:

$$\bar{T}_{rg} = \frac{(1 - P(h, v)) \cdot \lambda q \cdot M^2\left[\frac{V_{zaprosa}}{C}\right] + a(tz) \cdot P(h) \cdot \frac{\lambda u}{n} \cdot M^2\left[\frac{V_{obnov}}{C}\right]}{1 - ((1 - P(h, v)) \cdot \lambda q \cdot M\left[\frac{V_{zaprosa}}{C}\right] + a(tz) \cdot P(h) \cdot \frac{\lambda u}{n} \cdot M\left[\frac{V_{obnov}}{C}\right])}, \quad (13)$$

где $0 \leq (1 - P(h, v)) \cdot \lambda q \cdot M\left[\frac{V_{zaprosa}}{C}\right] + a(tz) \cdot P(h) \cdot \frac{\lambda u}{n} \cdot M\left[\frac{V_{obnov}}{C}\right] < 1$.

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ В СРЕДЕ MATHCAD

Анализ полученной модели в среде Mathcad при заданных значениях параметров (таблица 1) показал, что минимальное значение оперативности обработки запросов в РБД КИВС наблюдается при $h_{porog} = 0,1426$.

Таблица 1 – Набор значений параметров для построения модели

Величина	Значение	Размерность
λq	2	запросов в секунду
λu	0,0002	запросов в секунду
n	10	безразмерная (серверы)
$M[Tgq]$	0,001	секунд
$M[Trq]$	0,1	секунд
$M[Tgu]$	0,002	секунд
$M[Tru]$	0,02	секунд
$M[Tb]$	0,19	секунд
$M[Trg(C)]$	0,01	секунд
$M[Tgr(C)]$	0,1	секунд
v	2,5	безразмерная
q	1	безразмерная
h	[0;1]	безразмерная

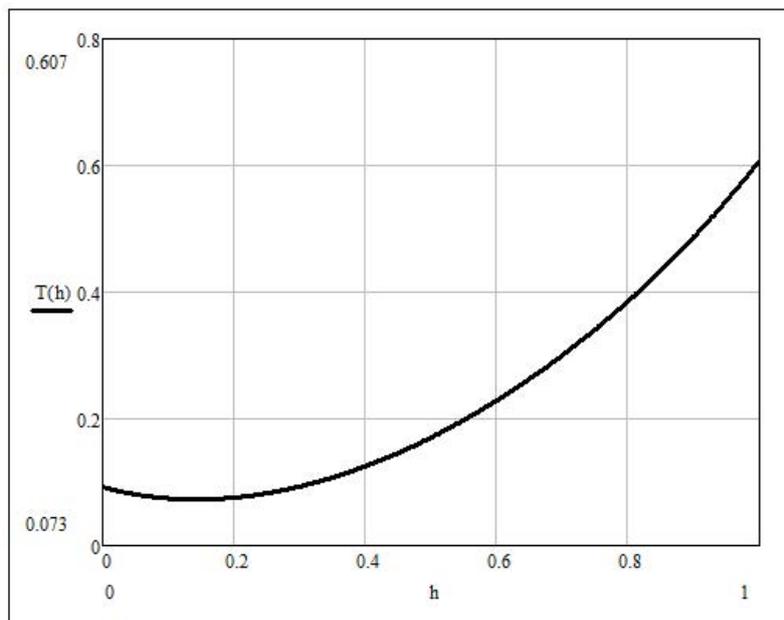


Рисунок 8 – Результаты моделирования в программе Mathcad 14.0.0.163

ВЫВОДЫ

Существует задача минимизации МО оперативности обработки запросов в РБД за счет выбора параметров репликации при заданных ограничениях на вычислительные и сетевые ресурсы РБД. Решение данной задачи возможно на основе аппарата теории массового обслуживания.

Полученные результаты в среде Mathcad показали пригодность использования полученной модели для построения гибридного механизма репликации в РБД КИВС, позволяющего минимизировать оперативность обработки запросов в РБД, при заданных вычислительных и сетевых ресурсах за счет выбора значений параметров репликации.

Научная новизна полученного результата состоит в том, что заявленная математическая модель обработки запросов в РБД КИВС, базирующаяся на методах теории массового обслуживания, отличается новым гибридным механизмом с учетом его особенностей и доступных вычислительных и сетевых ресурсов РБД.

Практическая значимость заключается в разработке на основе полученной модели алгоритма выбора значений параметров репликации данных в РБД КИВС и доведении его до программной реализации, что подтверждается Свидетельством о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2013611771 от 4 февраля 2013 года.

Теоретическая ценность состоит в том, что полученная модель позволяет решить сложную задачу массового обслуживания в аналитической форме для нового (гибридного) механизма репликации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брюханов В.Н., Косов М.Г., Протопопов С.П., Соломенцев Ю.М., Султан-Заде Н.М., Схиртладзе А.Г. Теория автоматического управления: учебное издание. – М.: Высшая школа, 2000. – 265 с.
2. Ролланд Фред Д. Основные концепции баз данных: пер. с англ. – М.: Вильямс, 2002. – 256 с.
3. Таненбаум Э. Распределенные системы. Принципы и парадигмы. – СПб.: Питер, 2003. – 877 с.
4. Коннолли Т., Бегг К., Страчан А. Базы данных. Проектирование, реализация и сопровождение. – 3-е издание: пер. с англ. – М.: Вильямс, 2003. – 1440 с.

5. Саймон Р., Ханну К. Администрирование PostgreSQL 9, книга рецептов. – М.: 2013. – 363 с.
6. Иванов А.Ю., Полковников С.П., Ходасеевич Г.Б. Военно-технические основы построения и математическое моделирование перспективных средств и комплексов автоматизации. – СПб, 1997. – 419 с.
7. Мейкшан Л.И. Анализ двухуровневой информационной системы с репликацией данных // Инфокоммуникационные технологии, 2009. – № 2. – С. 56-60.
8. Иванов А.Ю. Модель для оценки оперативности реализации запросов к распределенным базам данных // Проблемы управления рисками в техносфере // Научно-аналитический журнал, 2008. – № 4(8). – С. 176-183.
9. Бронштейн О.И., Духовный И.М. Модели приоритетного обслуживания. – М.: Наука, 1976. – 223 с.
10. Крылов В.В., Самохвалова С.С. Теория телетрафика и ее приложения. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 288 с.

Дунаев Валерий Александрович
Академия ФСО России, г. Орел
Аспирант
Тел.: 89202804132
E-mail: dunaev-ktn@yandex.ru

V.A. DUNAEV (*Post-graduate Student*)
Academy of Federal Agency of Protection of the Russian Federation, Orel

THE ESTIMATION OF DISTRIBUTED DATABASE RESPONSE TIME ON HYBRID REPLICATION CONDITIONS

The actuality of operability increasing of query processing in distributed databases of corporative data-processing systems under conditions of limited network and computational resources is explained. The model based on queuing theory taking into account the available network and computational resources is considered. The results of modeling in Mathcad are presented.

Keywords: *response time estimation; distributed database; query processing model; replication; queuing theory.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Bryuxanov V.N., Kosov M.G., Protopopov S.P., Solomencev Yu.M., Sultan-Zade N.M., Sxirtladze A.G. Teoriya avtomaticheskogo upravleniya: uchebnoe izdanie. – М.: Vy'sshaya shkola, 2000. – 265 s.
2. Rolland Fred D. Osnovny'e koncepcii baz danny'x: per. s angl. – М.: Vil'yams, 2002. – 256 s.
3. Tanenbaum E'. Raspredelyonny'e sistemy'. Principy' i paradigmy'. – SPb.: Piter, 2003. – 877 s.
4. Konnolli T., Begg K., Strachan A. Bazy' danny'x. Proektirovanie, realizaciya i soprovozhdenie. – 3-e izdanie: per. s angl. – М.: Vil'yams, 2003. – 1440 s.
5. Sajmon R., Xannu K. Administrirovanie PostgreSQL 9, kniga receptov. – М.: 2013. – 363 s.
6. Ivanov A.Yu., Polkovnikov S.P., Xodaseevich G.B. Voenno-texnicheskie osnovy' postroeniya i matematicheskoe modelirovanie perspektivny'x sredstv i kompleksov avtomatizacii. – SPb, 1997. – 419 s.
7. Mejkshan L.I. Analiz dvuxurovnevoj informacionnoj sistemy' s replikaciej danny'x // Infokommunikacionny'e texnologii, 2009. – № 2. – S. 56-60.
8. Ivanov A.Yu. Model' dlya ocenki operativnosti realizacii zaprosov k raspredelyonny'm bazam danny'x // Problemy' upravleniya riskami v texnosfere // Nauchno-analiticheskij zhurnal, 2008. – № 4(8). – S. 176-183.
9. Bronshtejn O.I., Duxovny'j I.M. Modeli prioritetnogo obsluzhivaniya. – М.: Nauka, 1976. – 223 s.
10. Kry'lov V.V., Samoxvalova S.S. Teoriya teletrafika i eyo prilozheniya. – SPb.: BXV-Peterburg, 2005. – 288 s.

УДК 004.724.4

В.А. ЛОБАНОВА, О.М. БОРИСОВ,
М.А. ФОКИН

СПОСОБЫ И ПРИЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОТКАЗОУСТОЙЧИВОСТИ ВИРТУАЛЬНЫХ ЧАСТНЫХ СЕТЕЙ (ВЧС) ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

В статье описаны способы и приемы обеспечения отказоустойчивости частных виртуальных сетей промышленного предприятия, базирующиеся на методе целочисленного линейного программирования и отличающиеся ограничениями потока по ребрам запасных путей.

Ключевые слова: виртуальные частные сети; алгоритм аппроксимации; полоса пропускания; потоковая модель; резервирование; дерево Штейнера.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время для обеспечения качества обслуживания ВЧС используются канальная и потоковая модели ВЧС. В случае канальной модели в клиенте ВЧС указываются требования качества обслуживания между каждой парой конечных точек ВЧС. Таким образом, канальная модель требует от клиента знания полной матрицы трафика, то есть нагрузки между каждой парой конечных точек. Однако количество конечных точек ВЧС постоянно увеличивается и обеспечение работы модели между конечными точками становится более сложной задачей. В результате становится практически невозможно предсказать поведение трафика в канальной модели. Потоковая модель уменьшает вышеупомянутые недостатки канальной модели, так как в клиенте ВЧС указываются требования качества обслуживания только для каждой конечной точки ВЧС, а не для каждой пары конечных точек ВЧС. В частности, для каждой конечной точки ВЧС указываются её пропускная способность на входе и выходе. В клиенте не должно указываться, как трафик распределен между другими конечными точками. Таким образом, потоковая модель создает меньшую нагрузку для каждого нового клиента ВЧС и позволяет эффективней использовать пропускную способность сети.

В ряде работ зарубежных авторов, рассмотрены вопросы резервирования сетевых ресурсов различными способами обеспечения отказоустойчивости, различающимися в зависимости от организации связи точек подключения ВЧС между собой. В общем случае резервирование ресурсов ВЧС предполагает определение набора возможных обходных маршрутов и выбор оптимального варианта, базируясь на критерии минимальной стоимости для определенного набора отказавших ресурсов [1]. Обычно задачу упрощают, рассматривая отказ только одного типа ресурса – звена данных, связывающего два смежных узла сети. Например, в работе [2], касающейся обеспечения живучести ВЧС, рассматривается алгоритм проектирования отказоустойчивой ВЧС древовидной структуры для модели с кратковременными отказами одного звена, названный алгоритмом восстановления. В модели предполагается, что в один момент времени отказать может только одно звено и что его работоспособность будет восстановлена до того, как откажет другое звено.

Существует две основных стратегии построения отказоустойчивых ВЧС: резервирование звена (line protection) и резервирование пути (path protection) [3].

Резервирование звена предполагает построение обходного маршрута, связывающего конечные точки отказавшего звена. Трафик будет маршрутизироваться по локальному обходному маршруту при достижении одной из конечных точек отказавшего звена.

Резервирование пути подразумевает построение нового маршрута между конечными точками ВЧС, по которому будет маршрутизироваться трафик в обход неисправного участка сети.

В работе [3] рассматривается древовидная потоковая модель ВЧС с симметричным трафиком, при этом пропускная способность звеньев сети не ограничена. В данной работе задача резервирования ресурсов для каждой вышеуказанной схемы резервирования описана отдельно.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ И МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ

Одной из основных задач на современном этапе развития сетей является обеспечение отказоустойчивости ВЧС с минимальным значением суммарной дополнительной полосы пропускания. На данный момент не существует универсального решения поставленной задачи для ВЧС с различным количеством конечных точек, топологией и допустимым количеством одновременно отказавших ребер. В статье описаны основные алгоритмы обеспечения отказоустойчивости для различных ВЧС.

Пусть сеть задана неориентированным графом $G(V, E)$, а пропускная способность ребер в этом графе не ограничена. На основе этого графа организована ВЧС, заданная связным графом $G^{VPN}(V', E')$, $V' \subseteq V, E' \subseteq E$, причем на каждом ребре e графа $G^{VPN}(V', E')$ выделена необходимая полоса пропускания $b(u, v)$. Будем считать, что одновременно могут отказать не более, чем k ребер. Пусть $F \in E'$ – множество отказавших ребер, тогда для обеспечения отказоустойчивости необходимо для любого F определить набор резервных ребер $R \in G(V, E) \setminus F$ и зарезервировать на них дополнительную полосу пропускания $b^{доп}(u, v)$ для того, чтобы между всеми конечными точками ВЧС существовал путь $P \in (G^{VPN} \setminus F) \cup R$. Очевидно, что суммарная дополнительная полоса пропускания должна быть минимальной.

Математически задача обеспечения отказоустойчивости ВЧС формулируется следующим образом: для любого множества отказавших ребер $F \in E'$, $|F| \leq k$ найти набор резервных ребер $R \in G \setminus F$ при выполнении условий: $P \in (G^{VPN} \setminus F) \cup R =$ истина и $\sum_{(u,v) \in R} b^{доп}(u, v) \rightarrow \min$ [1].

Пусть конечные точки графа $G(V, E)$ характеризуются симметричным трафиком. Пусть $T(V', E') \in G$ – дерево ВЧС. Полоса пропускания, выделенная на ребре $e \in T$ этого дерева T , равна $b(e)$. Тогда задачей построения отказоустойчивой ВЧС при одиночном отказе какого-либо звена является задача выбора набора резервных ребер $f \in G \setminus T$ и решение вопросов маршрутирования трафика по запасному пути, при этом в запасном пути различаются ребра, принадлежащие и не принадлежащие дереву T .

Решением поставленной задачи является решение задачи оптимального дополнения графа, которая относится к классу задач NP-сложности. Дополнением ВЧС в дереве T в графе G будем считать набор ребер $A \subseteq E(G)$, который удовлетворяет следующим условиям:

- граф $T \cup A$ – двусвязный;
- если ребро $f \in A$ резервное для $e \in T$, то ребра в дереве $T' = T - e + f$ должны иметь необходимую полосу пропускания для маршрутизации трафика ВЧС.

Резервное ребро f должно иметь пропускную способность, равную максимуму полосы пропускания тех ребер дерева T , для которых оно является запасным.

Пусть функция стоимости – суммарная полоса пропускания, резервируемая на всех ребрах из набора A :

$$w(A) = \sum_{f \in A} b(f).$$

Чтобы определить оптимальное дополнение, предлагается описанный ниже аппроксимационный алгоритм [2]:

1. Построение графа G' .

В граф G' включаются все вершины и ребра дерева T . В граф G' добавляется ребро (u, v) , если графе $G \setminus T$ существует путь между вершинами (u, v) дерева T , вес которого равен числу ребер в пути.

2. Построение графа \tilde{G} .

2.1 Преобразование дерева T в ориентированное (если трафик от u к v больше трафика от v к u , то ребро (u, v) направляется к вершине v). Корнем дерева выбирается вершина, не имеющая входящих ребер.

2.2 В дереве T для каждой пары вершин (u, v) выбирается вершина $a(u, v)$, которая является первой общей вершиной в путях от исходных вершин к корню дерева T [5].

2.3 В граф \tilde{G} необходимо добавить все вершины и ребра дерева T и для каждой пары вершин (u, v) дерева T в граф \tilde{G} добавить ребра от исходных вершин до каждой из вершин дерева T в путях от исходных вершин до $a(u, v)$. При этом стоимость ребра равна произведению веса ребра (u, v) на максимальную стоимость ребра в путях от исходных вершин до вершины $a(u, v)$.

3. Поиск оптимального дополнения дерева T в графе \tilde{G} .

Используется алгоритм, описанный в работе S. Khuller.

3.1 В графе \tilde{G} все ребра дерева T направляются в сторону корня дерева, они имеют нулевую стоимость.

3.2 Для каждого ребра $(u, v) \in \tilde{G} \setminus T$, такого, что u ближе к корню дерева, чем v , ребро направлено от u к v .

3.3 В ориентированном графе с корнем $r(T)$ необходимо найти ветвление с минимальным весом. Для этого в набор ребер \tilde{A} добавляется ненаправленное ребро графа \tilde{G} , соответствующее направленному ребру $\tilde{f} \in \tilde{G} \setminus T$, входящему в ветвление.

Коэффициент аппроксимации описанного выше алгоритма равен 16. То есть стоимость дополнения дерева T в графе \tilde{G} не более, чем в 16 раз превосходит стоимость дополнения дерева T в графе G . Сложность алгоритма оценивается величиной $O(mn + n \log^2 n)$, где n и m – число вершин и ребер в графе G .

Алгоритм имеет очевидный недостаток – функция стоимости не учитывает полосу пропускания, которая должна быть дополнительно выделена на ребрах дерева ВЧС.

В работе [3] предлагается решение задачи методом смешанного целочисленного линейного программирования, которая отдельно формулируется резервированием звена и резервирования пути. Формулируется задача смешанного целочисленного линейного программирования следующим образом: пусть сеть задана неориентированным графом $G(V, E)$, а $T(V', E') \in G$ – дерево ВЧС, тогда полоса пропускания, выделенная на ребре $(u, v) \in T$, равна $b(u, v)$.

При этом целевая функция имеет вид

$$\sum_{(x,y) \in E} b^{\text{доп}}(x, y) \rightarrow \min,$$

где $b^{\text{доп}}(x, y)$ – дополнительная полоса пропускания, необходимая на ребре (x, y) .

Целевая функция имеет следующие ограничения:

1. Целочисленное ограничение: пусть p – целочисленная переменная. Если ребро (x, y) входит в запасной путь для ребра (u, v) , то она равна единице, иначе равна нулю. Для любого $(u, v) \in E'$, такого, что $u < v$, $(x, y) \in E$ $p_{xy}^{uv} = \{0, 1\}$.

2. Ограничение потока: одно ребро должно входить в запасной путь только один раз. Поэтому для любого $(u, v) \in E'$, такого, что $u < v$, и $(x, y) \in E$,

$$\sum_{(x,y) \in E \setminus \{(u,v), (v,u)\}} p_{xy}^{uv} - \sum_{(y,x) \in E \setminus \{(u,v), (v,u)\}} p_{yx}^{uv} = \begin{cases} 1 & \text{если } x = u; \\ -1 & \text{если } x = v; \\ 0 & \text{в других случаях,} \end{cases}$$

$$p_{xy}^{uv} + p_{yx}^{uv} \leq 1.$$

3. Ограничение пропускной способности: при резервировании звена для любого $(u, v) \in E'$, такого, что $u < v$, и $(x, y) \in E$, значение полосы пропускания, необходимой для ребра (x, y) , будет равно $d_{xy}^{uv} = b(u, v)$.

При резервировании пути для любого $(u, v) \in E'$, такого, что $u < v$, и $(x, y) \in E$,

$$d_{xy}^{uv} = \begin{cases} b(u, v), & \text{если } (x, y) \in E / \{T \cup EA(u, v) \cup EA(v, u)\}; \\ \min[B(x, y) - B(v, u), B(y, x) + B(v, u)], & \text{если } (x, y) \in UT(u, v); \\ \min[B(x, y) + B(u, v), B(y, x) - B(u, v)], & \text{если } (x, y) \in UT(v, u); \\ \infty & \text{в других случаях,} \end{cases}$$

где $B(u, v)$ – сумма трафика конечных точек ВЧС, содержащихся в дереве $T(u, v)$; $T(u, v)$ – дерево с корнем в вершине u , получаемое из дерева T при отказе ребра (u, v) ; $UT(u, v)$ – ориентированное дерево $T(u, v)$, ребра которого направлены от корня дерева; $UT(v, u)$ – ориентированное дерево $T(v, u)$, ребра которого направлены к корню дерева; $EA(u, v)$ – множество ребер в E/E' , ориентированных в сторону вершин дерева $UT(u, v)$; $EA(v, u)$ – множество ребер в E/E' , ориентированных в сторону, противоположную вершинам дерева $UT(u, v)$ [1].

4. Ограничение звена является способом расчета дополнительной полосы пропускания $b^{доп}(x, y)$, которая требуется на ребре (x, y) .

При резервировании звена для любого $(u, v) \in E'$, такого, что $u < v$, $(x, y) \in E$ $b^{доп}(x, y) \geq (d_{xy}^{uv} p_{xy}^{uv} + d_{yx}^{uv} p_{yx}^{uv})$, а при резервировании пути $b^{доп}(x, y) \geq (d_{xy}^{uv} p_{xy}^{uv} + d_{yx}^{uv} p_{yx}^{uv}) - b(x, y)$.

Алгоритм имеет плохую сходимость для сетей больших размеров, но в небольших сетях он более эффективен, чем рассмотренный выше аппроксимационный алгоритм.

Результаты применения данного алгоритма приведены в работе [3] для сетей с различной топологией (рис. 1) при различном числе конечных точек ВЧС в сравнении с результатами, полученными с помощью аппроксимационного [2]. Соответствующие зависимости приведены на рисунках 2-4.

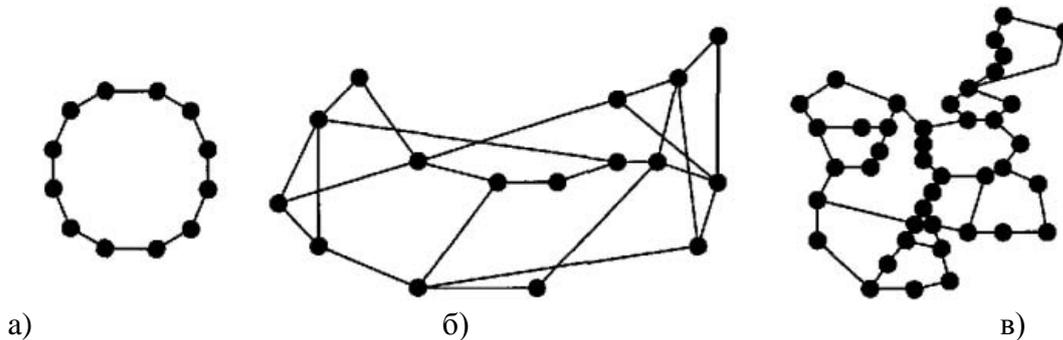


Рисунок 1 – Топологии исследуемых сетей:
а) 12-node Ring; б) NSFNET16; в) Euroring

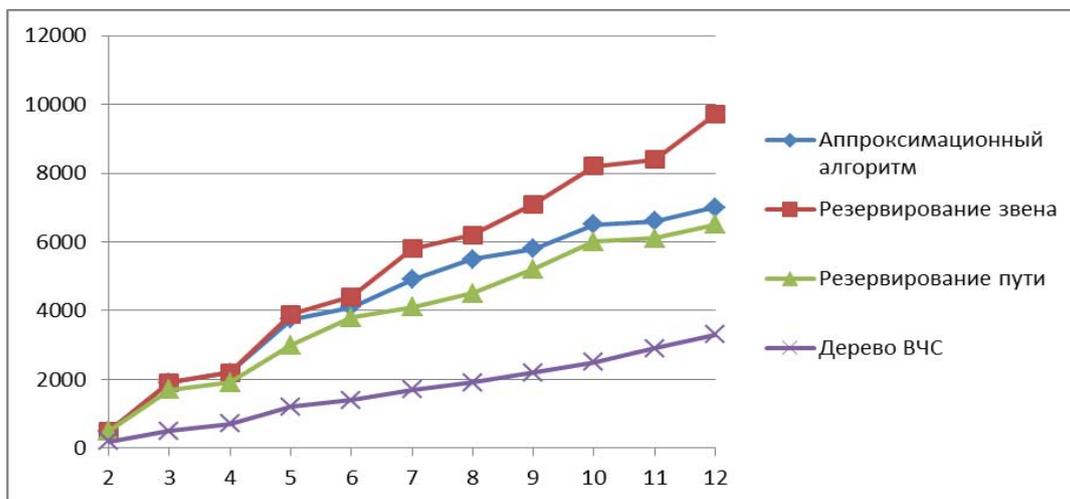


Рисунок 2 – Занимаемая полоса пропускания в зависимости от числа

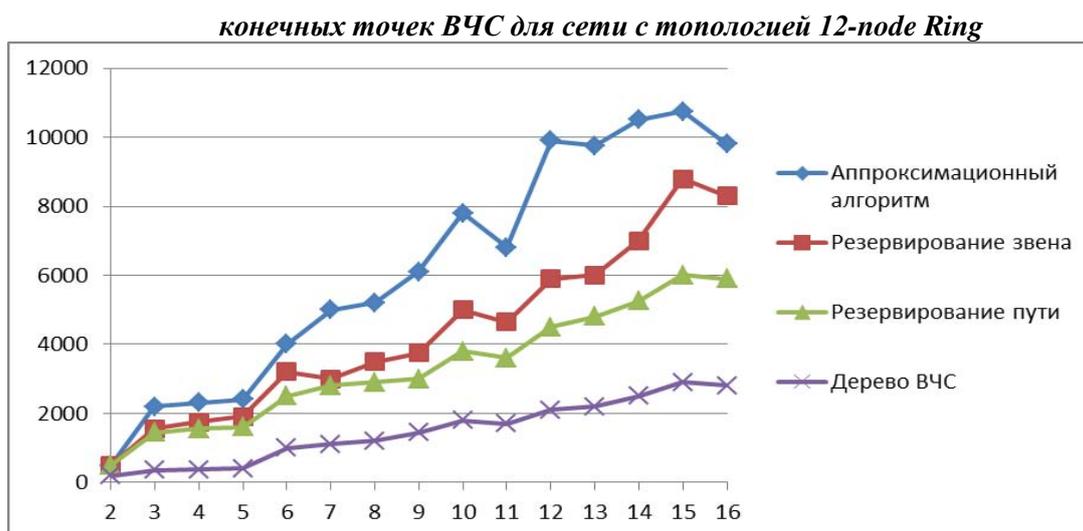


Рисунок 3 – Занимаемая полоса пропускания в зависимости от числа конечных точек ВЧС для сети с топологией NSFNET16

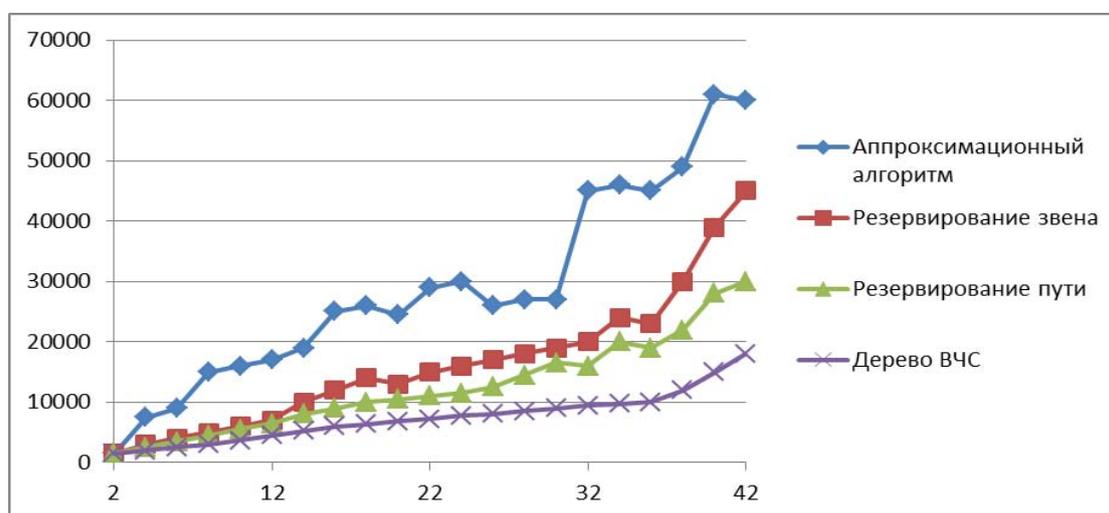


Рисунок 4 – Занимаемая полоса пропускания в зависимости от числа конечных точек ВЧС для сети с топологией Euroring

Как видно из рисунков, наиболее эффективной является схема «резервирование пути», а наихудший результат дает аппроксимационный алгоритм.

В работе [4] сформулирована задача резервирования ресурсов ВЧС для сети с произвольной топологией, в которой допускается отказ нескольких ребер. Приведено решение для схемы «резервирование звена» в виде аппроксимационного алгоритма.

Пусть сеть задана графом $G = (V, E)$, а ВЧС – графом $G_{vcpn} = (V', E')$. Каждое ребро $e \in E'$ имеет полосу пропускания $b(e)$. Пусть k – число возможных одновременных отказов ребер, тогда конечной задачей является нахождение множества ребер $R \subseteq E$ и полос пропускания $b(e) (e \in E)$, требуемых для выделения на ребрах этого множества, таких, что для любого заданного набора неисправных ребер $F \subseteq E' \cup R$, где $|F| \leq k$, и для любого ребра $e = (u, v) \in F \cap E'$ между вершинами u и v существовал путь $P_F(e) \in R \setminus F$.

Для решения этой задачи необходимо построить дерево Штейнера с некоторыми ограничениями. В работе [4] сначала рассматривается простейший случай, когда число отказов $k = 1$, а полоса пропускания $b(e) = 1$. Требуется найти набор ребер минимальной стоимости R' , который для любого ребра $e = (u, v) \in E'$ определяет путь $P_F(e) \in R$ между u и v . Путь $P_F(e)$ должен состоять только из одного ребра e .

Поставленная задача является вариантом задачи построения сети Штейнера: пусть задан неориентированный граф $G = (V, E)$, функция стоимости $c: E \rightarrow \mathbb{R}^+$, требования $r_{ij} \in \mathbb{Z}^+$ для пар вершин $(i, j) \in V$. Пусть $r_{ij} = 0$ для пар вершин, не имеющих требований. Необходимо найти набор ребер минимальной стоимости $E^* \subseteq E$, при этом требования r_{ij} представляют собой пути, непересекающиеся по ребрам, между вершинами i и j в E^* . Чтобы получить задачу построения сети Штейнера с ограничениями, необходимо добавить ограничение – требования r_{ij} : представляющие пути, непересекающиеся по ребрам, не должны содержать ребра (i, j) . Условия исходной задачи $k = 1$ и $b(e) = 1$ соответствуют условию $r_{ij} = 1 \Leftrightarrow \{i, j\} \in E^*[1]$. Для решения этой задачи можно применить любой алгоритм построения сети Штейнера, применяя его вместе с алгоритмом, имеющим коэффициент аппроксимации $k = 2$, который предложил К. Jain.

1. Пусть I_1 – задача построения сети Штейнера с требованием r в графе G . Набор ребер E^* – результат решения задачи I_1 аппроксимационным методом.
2. Тогда r^* – новое требование, которое определяется следующим образом: для всех ребер $(i, j) \in E^*$ примем, что $r_{ij}^* = r_{ij} + 1$ при $r_{ij} > 0$ и $r_{ij}^* = r_{ij}$ в противном случае.
3. Пусть I_2 – задача построения сети Штейнера с требованием r^* в графе G . При этом стоимость ребер в E^* равна нулю. Набор ребер E^{**} – результат решения задачи I_2 аппроксимационным методом. Тогда результатом решения задачи с ограничениями будет набор $E^{**} \cup E^*$.

Описанный алгоритм имеет коэффициент аппроксимации $k = 4$, при использовании алгоритма для решения задачи построения сети Штейнера из работы К. Jain. Очевидно, что в случае отказа k ребер на каждом запасном ребре резервируется полоса пропускания равная k , что дает коэффициент аппроксимации $4k$.

Техника шкалирования используется в случае неравномерного распределения пропускной способности, то есть для каждого ребра пропускная способность, лежащая в пределах $[2^i, 2^{i+1})$, округляется до 2^{i+1} . Для каждого набора ребер E_i с одинаковым индексом i задача резервирования решается отдельно, увеличивая коэффициент аппроксимации в 4 раза. Поэтому задача построения отказоустойчивой ВЧС для случая отказа k ребер может быть решена аппроксимационным алгоритмом с коэффициентом аппроксимации $16k$.

При использовании масштабирования по основанию $e = 2,73$ коэффициент аппроксимации может быть уменьшен до величины $4ke \cong 10,87k$. Тогда пропускная способность каждого ребра, лежащая в пределах $[ae^i, ae^{i+1})$, округляется до ae^{i+1} , где α – случайное число из интервала $[1, e)$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье рассмотрены основные способы и приёмы обеспечения отказоустойчивости ВЧС промышленного предприятия, рассмотрены занимаемые полосы пропускания в зависимости от топологии сети, количества конечных точек ВЧС и используемой стратегии резервирования. Полученные данные позволяют построить ВЧС с минимальным значением занимаемой полосы пропускания, однако для определения лучшего алгоритма для конкретной сети необходимо применить и рассчитать значительное количество алгоритмов. Так как все алгоритмы имеют различные допустимые значения допустимого числа одновременных отказов ребер, а от этого, в свою очередь, зависят отказоустойчивость сети и дополнительная полоса пропускания, то очевидно, что на текущий момент не хватает алгоритма, который сможет определить минимально допустимое число одновременных отказов ребер для конкретной сети, которое будет гарантировать работу сети в соответствии с соглашением об уровне сервиса (SLA).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Росляков А.В. Виртуальные частные сети. Основы построения и применения. – М.: Эко-Трендз, 2006. – 304 с.: ил.
2. Italiano G. F., Rastogi R., Yener B. Restoration Algorithms for Virtual Private Networks in the Hose Model // IEEE INFOCOM, 2002.
3. Balasubramanian A., Sasaki G. Bandwidth requirements for the protected VPNs in the hose model // International Symposium on Information Theory. – Kanagawa, 2003.
4. Chekuri C., Gupta A., Kumar A., Naor S., Raz D. Building edge-failure resilient networks // In Integer Programming and Combinatorial Optimization (IPCO), 2002. – P. 439-456.
5. Harel D., Tarjan R.E. Fast algorithms for finding nearest common ancestors // SLAM Journal on Computing, 1984. – V. 13-2. – P. 338-355.
6. Еременко В.Т. Анализ моделей управления трафиком в сетях АСУП на основе технологии MPLS / В.Т. Еременко, С.В. Еременко, Д.В. Анисимов, С.А. Черепков, А.А. Лякишев // Информационные системы и технологии, 2013. – № 1. – С. 106-112.

Лобанова Валентина Андреевна

ФГБОУ ВПО Госуниверситет – УНПК, г. Орел

Кандидат технических наук, профессор кафедры «Электроника, вычислительная техника и информационная безопасность»

Тел.: 8 (4862) 45-57-57

E-mail: lvanata@yandex.ru

Борисов Олег Михайлович

ФГБОУ ВПО Госуниверситет – УНПК, г. Орел

Аспирант кафедры «Электроника, вычислительная техника и информационная безопасность»

Тел.: 8 (4862) 45-57-57

E-mail: oleg@hti.su

Фокин Михаил Александрович

ФГБОУ ВПО Госуниверситет – УНПК, г. Орел

Аспирант кафедры «Электроника, вычислительная техника и информационная безопасность»

Тел.: 8(4862) 45-57-57

E-mail: lvanata@yandex.ru

V.A. LOBANOVA (*Candidate of Engineering Science, Professor of the Department «Electronics, Computer Sciences and Information Security»*)

O.M. BORISOV (*Post-graduate Student of the Department «Electronics, Computer Sciences and Information Security»*)

M.A. FOKIN (*Post-graduate Student of the Department «Electronics, Computer Sciences and Information Security»*)
State University – ESPC, Orel

METHODS AND TECHNIQUES OF FAULT TOLERANCE VIRTUAL PRIVATE NETWORKS OF INDUSTRIAL ENTERPRISES

The article describes the methods and techniques of fault tolerance virtual private networks of industrial enterprises based on the method of integer linear programming.

Keywords: *virtual private networks; approximation algorithms; bandwidth utilization; hose model; provisioning; Steiner trees.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Roslyakov A.V. Virtual'ny'e chastny'e seti. Osnovy' postroeniya i primeneniya. – М.: Eko-Trendz, 2006. – 304 s.: il.

2. Italiano G. F., Rastogi R., Yener B. Restoration Algorithms for Virtual Private Networks in the Hose Model // IEEE INFOCOM, 2002.
3. Balasubramanian A., Sasaki G. Bandwidth requirements for the protected VPNs in the hose model // International Symposium on Information Theory. – Kanagawa, 2003.
4. Chekuri C., Gupta A., Kumar A., Naor S., Raz D. Building edge-failure resilient networks // In Integer Programming and Combinatorial Optimization (IPCO), 2002. – P. 439-456.
5. Harel D., Tarjan R.E. Fast algorithms for finding nearest common ancestors // SLAM Journal on Computing, 1984. – V. 13-2. – P. 338-355.
6. Eryomenko V.T. Analiz modelej upravleniya trafikom v setyax ASUP na osnove texnologii MPLS / V.T. Eryomenko, S.V. Eryomenko, D.V. Anisimov, S.A. Cherepkov, A.A. Lyakishev // Informacionny'e sistemy i texnologii, 2013. – № 1. – S. 106-112.

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЦЕССОВ ОБМЕНА ДАННЫМИ В ИНФОРМАЦИОННОЙ СРЕДЕ КОРПОРАТИВНОГО ПОРТАЛА

В статье представлена методика анализа технических возможностей средств информационного обмена, базирующаяся на аппарате стохастических сетей, отличающаяся тем, что она позволяет находить не только средние значения характеристик, но и моменты их распределения более высокого порядка. Постановка также исходит из учета источников ошибок, сбоев и отказов в элементах корпоративных порталов, охватываемых конкретным протоколом, которые описываются более сложными, чем биномиальным и пуассоновским вероятностными распределениями.

Ключевые слова: корпоративный портал; обмен данными; GERT-сети; алгоритм.

ВВЕДЕНИЕ

При решении проблем, возникающих в процессе создания средств информационного обмена корпоративного портала, появляется потребность сведения о более тонких характеристиках алгоритма обмена данными, входящего в состав конкретного протокола, чем те, которые содержатся в математическом ожидании и дисперсии анализируемой случайной величины [1, 2]. К этому классу проблем следует отнести:

1) определение «хвостов» распределения времени доставки информационного массива фиксированной или переменной длины заданного приоритета в сквозном тракте сети «абонент-отправитель – абонент-получатель»;

2) выявление динамических характеристик процесса занятия памяти в элементах корпоративного портала (ЭКП), а также в межсетевых шлюзах;

3) определение характеристик вариаций производительности ЭКП во времени.

Для решения поставленной задачи применяется аппарат GERT узлов стохастических сетей, рассмотренный в общей трактовке в [3]. В процессе решения вводятся ограничения, обусловленные отсутствием последствия при обработке информационных массивов в ЭКП [4].

ФОРМАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ОБМЕНА ДАННЫМИ В СРЕДЕ КОРПОРАТИВНОГО ПОРТАЛА

Последовательность действий, возникающих в процессе реализации некоторого ветвящегося алгоритма обмена информацией V' , представляется согласно общим принципам стохастических сетей множеством узлов и ориентированных дуг. Узлы соответствуют дискретным состояниям технических и программных средств, участвующих в реализации данного алгоритма, а дуги – возможным направлениям движения в пространстве дискретных состояний.

В рассматриваемом далее классе задач принимаются следующие условия:

1) Входная функция каждого узла характеризуется тем, что операция узла выполняется, если на любой его вход поступает сигнал только по одной из возможных дуг.

2) Выходные функции узлов классифицируются как детерминированные и вероятностные, соответствующие обозначения узлов с этими функциями приведены на

рисунке 1. Во втором случае должно выполняться равенство $\sum_{k'=1}^{Z^0} \overline{w}_{k'} = 1$, где Z^0 – число

дуг, исходящих из узла, $\overline{w}_{k'}$ – вероятность включения k' -й дуги.

3) Процессы, связанные с осуществлением операций в отдельных узлах, являются независимыми. Следовательно, сфера применения данной модели не включает алгоритмы,

динамика реализации которых описывается сложными цепями Маркова или включает эти цепи в качестве компонентов общего описания.

4) Исследуемые характеристики алгоритма аддитивны.

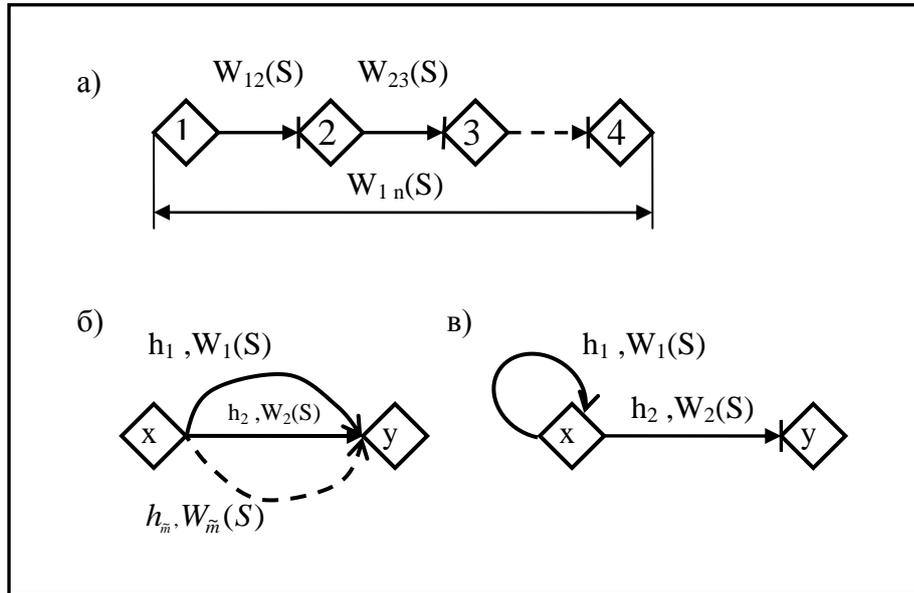


Рисунок 1 – Выходные функции узлов

Условия 1)-4) позволяют трактовать анализируемые стохастические сети как GERT-сети, а узлы – как GERT-узлы [5]. Общее описание стохастических сетей, отображающих конкретные алгоритмы обмена информацией, может быть сделано с учетом условий 1)-3) стандартными методами вероятностных графов.

Представим алгоритм B' стохастической сетью $K^0 (D^0, C^0)$, которая включает множество D^0 GERT-узлов и C^0 GERT -дуг. Для каждой пары узлов $x, y \in D^0$ введем условные вероятность (при дискретном распределении) или плотность распределения (при непрерывном распределении) $f(g_{xy})$ случайной величины g_{xy} , связанной с исследуемой характеристикой алгоритма. Если узлы x, y не соединены, то $f(g_{xy}) = 0$.

Каждой паре $x, y \in D^0$ может соответствовать ряд анализируемых g_{xy} , часть которых задается дискретными, а часть непрерывными распределениями. Первая ситуация типична, например, для расчета характеристик достоверности, вторая – для времени доставки информационного массива. Такое распределение в известной степени условно, поскольку всегда допустим предельный переход от дискретной величины к непрерывной при достаточно большом значении длины информационного массива.

Введем далее совокупность условных производящих функций моментов (ПФМ) случайной величины g_{xy} с аргументом s , определяемых как $M_{xy}(s) = E[e^{sg_{xy}}]$, где E – символ усреднения по всем реализациям g_{xy} . Применительно к первой постановке

$$M_{xy}(s) = \sum_{R_{xy}} e^{sg_{xy}} f(g_{xy}), \quad (1)$$

где R_{xy} – множество реализаций g_{xy} при движении по дуге (x, y) . В простейшем случае одной реализации отвечает непосредственная доставка информационного массива, а другой – доставка после привлечения специальных алгоритмов восстановления, использование которых оказалось необходимым вследствие ошибок и сбоев в контуре, охватываемом алгоритмом.

Применительно ко второй постановке

$$M_{xy}(s) = \int_{G_g^a}^{G_g^b} e^{sg_{xy}} f(g_{xy}) dg_{xy}, \quad (2)$$

где $[G_g^a, G_g^b]$ – диапазон изменения непрерывной случайной величины.

Независимо от характера g_{xy} определим совокупность W-функций

$$W_{xy}(s) = p_{xy} M_{xy}(s), x, y \in D^0, \quad (3)$$

которая включает в себе полную информацию о всех процессах в стохастической сети, имеющих место при прохождении информационного массива по ЭКП. Эта совокупность функций в дальнейшем является основной для нахождения W-функций стохастической сети в целом, соответствующей сквозному тракту реальной сети, контролируемому данным алгоритмом.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ W-ФУНКЦИИ СКВОЗНОГО ТРАКТА В СРЕДЕ КОРПОРАТИВНОГО ПОРТАЛА

Рассматривая вероятностные графы алгоритмов обмена информацией для среды корпоративного портала, выделим наиболее типичные конфигурации фрагментов стохастических сетей, которые удовлетворяют условиям 1)-4) принадлежности к GERT-сетям.

1) Последовательное соединение $n-1$ дуг, разделяемых n GERT-узлами (рис. 1(а)). Так как ПФМ суммы независимых случайных величин равна произведению ПФМ последних, а $p_{xx+1} = 1$, то результирующая W-функция последовательного соединения равна:

$$W_{1n}(s) = \prod_{x=1}^{n-1} W_{xx+1}. \quad (4)$$

Данная структура характеризует алгоритм обмена данными между конечными узлами в среде корпоративного портала.

2) Параллельные ветви (рис. 1(б)) с вероятностями включения h_1, h_2, \dots, h_m . К такой конфигурации приводят следующие черты алгоритмов [6, 7]:

- возможность доставки одного и того же информационного массива по параллельным независимым направлениям, например, в многоканальной процедуре передачи кадров HDLC;

- включение процедуры восстановления, которая приводит к тому, что переход из узла x в узел y стохастической сети может произойти как в результате движения по основной дуге графа алгоритма, так и вследствие однократного или многократного действия процедуры восстановления (например, повторной синхронизации) при нарушении движения по основной дуге.

Результирующая W-функция может быть представлена как

$$W_{xy}(s) = \sum_{\tilde{p}=1}^{\tilde{m}} W_{\tilde{\mu}}(s). \quad (5)$$

3) Петли, ограничивающие возможность достижения соседнего узла (рис. 1(в)). Объективной предпосылкой ко введению такой конфигурации является процедура многократной передачи информационного массива, вызванная интенсивными ошибками, воздействующими на область данных и/или поле управления при реализации основной ветви алгоритма, до принятия решения о переходе к процедуре восстановления. Например, петлями характеризуются последовательные попытки передать кадр HDLC при искажении проверочной области или последовательные действия по доставке многопакетного сообщения в среде обмена данными [6].

При условии, что число последовательных передач информационного массива достаточно велико, стохастическая сеть (рис. 1(в)) преобразуется в сеть (рис. 2), не содержащую циклов.

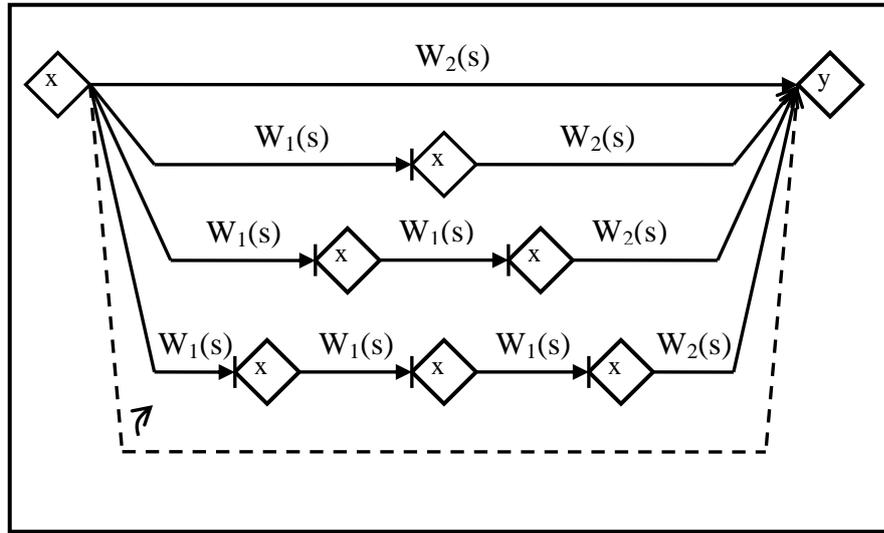


Рисунок 2 – Сеть, не содержащая циклов

В этой сети каждая параллельная ветвь отображает многошаговый процесс с дискретными состояниями, включающий определенное число движений по петле и последнее движение по дуге (x, y). Результирующую W-функцию сети с петлей найдем, применив по отношению к структуре на рисунке 2 правила вычисления W-функций при последовательном и параллельном соединении дуг, а именно

$$W_{xy}(s) = W_2(s) + W_2(s) \sum_{i=1}^{\infty} [W_1(s)]^i \frac{W_2(s)}{1 - W_1(s)}. \quad (6)$$

В случае ограничения числа повторных передач массива некоторым значением L_a стохастическая сеть (рис. 1(в)) уже неправомерна, адекватный алгоритм отображается сетью, изображенной на рисунке 2, содержащей $L_a + 1$ параллельных ветвей, для которой

$$W_{xy}^{L_a}(s) = W_2(s) + W_2(s) \sum_{i=1}^{L_a} [W_1(s)]^i. \quad (7)$$

Следовательно, во всех рассмотренных случаях стохастические сети, описывающие реальные алгоритмы, преобразуются к эквивалентной простейшей стохастической сети, включающей пару GERT-узлов и направленную дугу между ними. Полная информация о ветвях алгоритма с точки зрения исследуемой характеристики, связанной с совокупностью случайных величин g_{xy} , содержится в результирующей W-функции, однако она еще не представляет возможности находить явным образом моменты распределения анализируемой характеристики алгоритма, поскольку из нее нельзя пока выделить ПФМ эквивалентной сети. Рассмотрим способ такого выделения на базе общего топологического уравнения.

Условие существования замкнутого потокового графа выполняется, так как нет ни одной дуги, которая не входила бы в какую-либо петлю. Прием введения дополнительной направленной дуги, охватывающей все дуги и узлы стохастической сети, представляется общим при анализе алгоритмов обмена информацией, так как порождаемые ими стохастические сети в принципе являются разомкнутыми. Этот фактор обусловлен тем обстоятельством, что некоторый конечный узел стохастической сети, соответствующий завершению обработки заданного информационного массива, не может быть связан дугой с исходным узлом. Здесь имеет место очевидная аналогия с поглощающими состояниями цепей Маркова.

ФОРМИРОВАНИЕ ОБЩИХ ТОПОЛОГИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ

Предположим, что для каждой дуги известна W -функция, полученная путем применения уравнений (1)-(3). На основании уравнения (3) результирующая W -функция применительно к любой из петель порядка 1 есть произведение W -функций последовательных дуг. Рассматривая модифицированную стохастическую сеть (рис. 3) как петлю порядка 1, состоящую из двух петель с W -функциями $W^0(s)$ (полная разомкнутая стохастическая сеть) и $W^*(s)$, найдем W функцию:

$$\tilde{W}(s) = W^0(s) \cdot W^*(s). \quad (8)$$

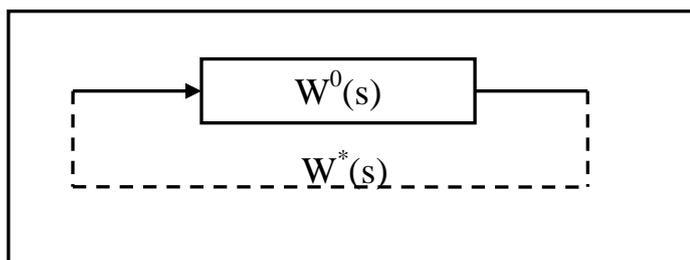


Рисунок 3 – Модифицированная стохастическая сеть

Так как произвольная петля порядка r состоит из r изолированных друг от друга петель порядка 1, каждая из которых является замкнутым соединением ряда узлов и дуг, то результирующая W -функция этой петли, которой присвоим номер δ во множестве $\{U_r\}$ всех петель порядка r , есть

$$W(r, \delta) = \prod_{f=1}^r \prod_{v^0=1}^{\alpha_f} W_{\delta, r, v^0}^f(s). \quad (9)$$

Здесь $W_{\delta, r, v^0}^f(s)$ составляет W -функцию дуги с номером v^0 , принадлежащую петле порядка 1, которая, в свою очередь, является f -й изолированной петлей рассматриваемой петли порядка r с номером δ . При этом анализируемая петля порядка 1 состоит из α_f последовательных дуг.

Топологическое уравнение применительно к постановке данной задачи формулируется следующим образом:

$$1 - \sum_{\delta=1}^{U_1} W(1, \delta) + \sum_{\delta=1}^{U_2} W(2, \delta) - \sum_{\delta=1}^{U_3} W(3, \delta) + \dots + (-1)^{l^0} \sum_{\delta=1}^{U_{l^0}} W(l, \delta) = 0, \quad (10)$$

где l^0 – максимальный порядок петли, которая может быть выделена из замкнутого потокового графа, отображающего реальный алгоритм обмена информацией. Уравнение (10) связывает между собой W -функции отдельных дуг, каждая из функции включает согласно (2) сведения как о вероятности движения по этой дуге в соответствии с ветвью алгоритма обмена информацией, так и частную ПФМ анализируемой характеристики при данном направлении движения.

Наибольший интерес с точки зрения практического приложения имеет интерпретация топологического уравнения по отношению к общей структуре (рис. 3). В этой структуре, к которой сводится любой алгоритм, принадлежащий произвольному уровню архитектуры открытых систем, рассматривается только одна петля порядка 1, уравнение (10) вырождается в уравнение

$$1 - W^0(s)W^*(s) = 0, \quad (11)$$

откуда W -функция дополнительной дуги явным образом вычисляется через W -функцию полной разомкнутой стохастической сети, а именно

$$W^*(s) = \frac{1}{W^0(s)}. \quad (12)$$

С другой стороны, как и всякую W -функцию, $W^0(s)$ можно представить в форме произведения

$$W^0(s) = \tilde{q} M^0(s), \quad (13)$$

где $M^0(s)$ есть ПФМ анализируемой характеристики алгоритма уже не на отдельных дугах, а применительно ко всему множеству дуг и узлов, соответствующему сквозному тракту обмена информацией в рамках алгоритма, а \tilde{q} – некоторый неизвестный коэффициент. На основании общего тождества $M(s) = 1$ при $s = 0$, иллюстрируемого уравнениями (1) и (2), найдем значение его коэффициента $\tilde{q} = W^0(0)$, откуда следует искомая ПФМ характеристики алгоритма

$$M^0(s) = \frac{V^0(s)}{V^0(0)}. \quad (14)$$

Любой j -й начальный момент μ_j характеристики алгоритма определяется путем взятия j -й частной производной $M^0(s)$ по s , т. е.

$$\mu_j^0 = \frac{\partial^j M^0(s)}{\partial s^j} = \frac{1}{W^0(0)} \cdot \frac{\partial}{\partial s^j} \cdot W^0(s). \quad (15)$$

АЛГОРИТМ ВЫЧИСЛЕНИЙ ХАРАКТЕРИСТИК ОБМЕНА ДАННЫМИ

Имея в виду все этапы вычисления μ_j , сформулируем следующую последовательность действий:

1) Выяснение возможности представления алгоритма обмена информацией стохастической сетью, включающей дуги и GERT-узлы (при отсутствии последействия), и выполнение этой операции в случае положительного решения.

2) Определение для каждой дуги (x, y) реализаций анализируемой характеристики алгоритма, задаваемых случайными величинами g_{xy} .

3) Нахождение пар сомножителей p_{xy} и $M_{xy}(s)$ и далее вычисление множества функций $W_{xy}(s)$ по формулам (1)-(3).

4) Превращение реальной стохастической сети, отображающей алгоритм, в эквивалентную сеть, состоящую из одной дуги и пары узлов и имеющую ту же W -функцию с использованием преобразований типа «последовательное соединение», «параллельные ветви», «петля».

5) Превращение разомкнутой стохастической сети в замкнутый потоковый граф путем введения дополнительной дуги с функцией $W^*(s)$.

6) Выявление в замкнутом потоковом графе всех петель порядка 1.

7) Нахождение всех петель порядка $2 \leq r \leq l^0$ способом последовательного перечисления r изолированных петель порядка 1.

8) Вычисление на основании уравнения (9) W -функций всех полученных петель порядка $r=1 \dots l^0$, исходя из значений $W_{xy}(s)$, найденных в процессе выполнения действия 1).

9) Формирование общего топологического уравнения (10) и его решение относительно неизвестной $W^0(s)$ с учетом уравнения (11). При этом W -функция дополнительной дуги $W^*(s) = \frac{1}{W^0(s)}$ входит в состав, по крайней мере, одной петли порядка r .

г.

10) Вычисление моментов μ_j распределения характеристики алгоритма обмена информацией согласно уравнению (15).

Функция распределения (ФР) характеристики алгоритма может быть сформирована из ряда моментов $\mu_1^0, \mu_2^0, \dots, \mu_{\tilde{\alpha}}^0$, число которых определяется заданной точностью представления ФР согласно стандартным процедурам конструктивной теории функций. Рассмотренная процедура не исключает анализа алгоритма обмена информацией, если он содержит отдельные независимые ветви и ряд соответствующих поглощающих состояний в случае его представления цепью Маркова. Найденные таким образом моменты $\mu_{j|\tilde{\gamma}}^0$ задают условное распределение анализируемой характеристики алгоритма при условии, что стоком является узел $c_{\tilde{\gamma}} (\tilde{\gamma} = 1 \dots \tilde{\nu})$. Подобная ситуация типична для анализа характеристик помехоустойчивости (достоверности) передачи информационных массивов, когда обнаруживаемые ошибки, потери и вставки массивов возможны вследствие независимых причин в среде корпоративного портала, что приводит к появлению ветвей алгоритма, каждая из которых связана с определенной реализацией анализируемой характеристики [8-11].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изложенная методика не требует аналитического представления характеристики любого алгоритма корпоративного портала для каждой дуги стохастической сети и допускает возможность задания дуги парой признаков p_{xy} и $M_{xy}(s)$, что способствует формализации общей вычислительной процедуры. В связи с тем, что основное топологическое уравнение (10) является линейным, то наибольших затрат вычислительных ресурсов вызывают не его решение, а логические операции выявления в замкнутом потоковом графе петель порядка r и нахождение W-функций петель.

Внедрение корпоративных порталов и принципиальное улучшение технико-экономических и эксплуатационных характеристик их информационной среды возможно только на базе применения комплекса протоколов, ориентированных на организацию независимых служб информационного обмена. Вместе с тем специфика интеграции служб информационного обмена приводит к необходимости регламентации других понятий, выходящих за рамки указанных моделей. К ним относятся точки доступа пользователей к корпоративному portalу, службы передачи информации, типы соединения корпоративного портала. Соответственно, возникает потребность в привлечении и более «тонких» методов исследования алгоритмов обмена данными, сопряженных с активным применением вычислительных алгоритмов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Корпоративные порталы: современная концепция и ее воплощение в продуктах [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.klubok.net/article432.html>.
2. Корпоративные порталы: определение, история развития, цели и средства [Электронный ресурс]. – URL: <http://otherreferats.allbest.ru/marketing/c00175610.html>.
3. Шибанов А.П. Нахождение плотности распределения времени исполнения GERT-сети на основе эквивалентных упрощающих преобразований // Автоматика и телемеханика, 2003. – № 2. – С. 117-126.
4. Еременко В.Т. Математическое моделирование процессов информационного обмена в распределенных управляющих системах: монография / под общей редакцией Константинова И.С. – М.: Машиностроение-1, 2004. – 224 с.
5. Еременко В.Т. Основное содержание теории функциональной стандартизации протоколов безопасности и принципы ее разработки // Телекоммуникации, 2003. – № 6. – С. 34-38.
6. Еременко В.Т. Концепция обнаружения и коррекции логических ошибок в реализациях профилей протоколов безопасности // Телекоммуникации, 2003. – № 8. – С. 30-35.

7. Еременко В.Т. Моделирование информационных потоков в сетях передачи данных интегрированных АСУ / В.Т. Еременко, С.И. Афонин, Т.М. Парамохина, Л.В. Кузьмина, Д.А. Плащенков // Информационные системы и технологии, 2011. – № 6. – С. 35-42.
8. Еременко В.Т. Методы решения задач распределения информационных потоков в сетях передачи данных предприятия на основе резервирования ресурсов / В.Т. Еременко, С.И. Афонин, Л.В. Кузьмина и др. // Информационные системы и технологии, 2012. – № 1. – С. 78-84.
9. Еременко В.Т., Афонин С.И. Создание теоретических основ автоматизации и построения технологической составляющей АСУ территориально распределенных предприятий // Информационные системы и технологии, 2012. – № 2. – С. 99-105.
10. Еременко В.Т. Метод проектирования сетей передачи данных, совместимых с неблокируемой маршрутизацией / В.Т. Еременко, А.И. Офицеров, С.А. Черепков // Вестник компьютерных и информационных технологий, 2012. – № 4. – С. 38-46.
11. Еременко В.Т. Анализ моделей управления трафиком в сетях АСУП на основе технологии MPLS / В.Т. Еременко, С.В. Еременко, Д.В. Анисимов, С.А. Черепков, А.А. Лякишев // Информационные системы и технологии, 2013. – № 1. – С. 106-112.

Мегаев Кирилл Андреевич

ФГБОУ ВПО Государственный университет – УНПК, г. Орел

Аспирант кафедры «Мехатроника и международный инжиниринг»

Тел.: 8 953 619 71 15

E-mail: megaev@mail.ru

K.A. MEGAEV (*Post-graduate Student of the Department «Mechatronics and international engineering»
State University – ESPC, Orel*)

**METHODOLOGY OF ASSESSMENT OF THE CHARACTERISTICS
OF THE PROCESSES OF DATA EXCHANGE
IN THE INFORMATION ENVIRONMENT OF A CORPORATE PORTAL**

The article presents the technique of the analysis of technical capabilities of information exchange, based on the apparatus of stochastic networks, characterized in that it allows you to find not only the mean values of characteristics, but also moments of their allocation of a higher order. Staging is also based on the accounting of sources of errors, failures and failures in the elements of corporate portals, covered by a specific Protocol, which are described in more complex than the binomial and Poisson, probabilistic distributions.

Keywords: corporate portal; data exchange; GERT-network algorithm.

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Korporativny'e portaly': sovremennaya koncepciya i eyo voploshhenie v produktax [Elektronny'j resurs]. – URL: <http://www.klubok.net/article432.html>.
2. Korporativny'e portaly': opredelenie, istoriya razvitiya, celi i sredstva [Elektronny'j resurs]. – URL: <http://otherreferats.allbest.ru/marketing/c00175610.html>.
3. Shibanov A.P. Naxozhdenie plotnosti raspredeleniya vremeni ispolneniya GERT-seti na osnove e'kvivalentny'x uproshhayushhix preobrazovaniy // Avtomatika i telexanika, 2003. – № 2. – S. 117-126.
4. Eryomenko V.T. Matematicheskoe modelirovanie processov informacionnogo obmena v raspredelyonny'x upravlyayushhix sistemax: mnografiya / pod obshej redakciej Konstantinova I.S. – M.: Mashinostroenie-1, 2004. – 224 s.
5. Eryomenko V.T. Osnovnoe sodержanie teorii funkcional'noj standartizacii protokolov bezopasnosti i principy' eyo razrabotki // Telekommunikacii, 2003. – № 6. – S. 34-38.
6. Eryomenko V.T. Koncepciya obnaruzheniya i korrekcii logicheskix oshibok v realizaciyax profilej protokolov bezopasnosti // Telekommunikacii, 2003. – № 8. – S. 30-35.
7. Eryomenko V.T. Modelirovanie informacionny'x potokov v setyax peredachi danny'x integrirovanny'x ASU / V.T. Eryomenko, S.I. Afonin, T.M. Paramoxina, L.V. Kuz'mina, D.A. Plashhenkov // Informacionny'e sistemy' i texnologii, 2011. – № 6. – S. 35-42.

8. Eryomenko V.T. Metody' resheniya zadach raspredeleniya informacionny'x potkov v setyax peredachi danny'x predpriyatiya na osnove rezervirvaniya resursov / V.T. Eryomenko, S.I. Afonin, L.V. Kuz'mina i dr. // Informacionny'e sistemy' i texnologii, 2012. – № 1. – S. 78-84.
9. Eryomenko V.T., Afonin S.I. Sozdanie teoriticheskix osnov avtomatizacii i postreniya texnologicheskoy sstavlyayushhej ASU territorial'no raspredelyonny'x predpriyatij // Informacionny'e sistemy' i texnologii, 2012. – № 2. – S. 99-105.
10. Eryomenko V.T. Metod proektirovaniya setej peredachi danny'x, sovместimy'x s neblokiruemyj marshrutizaciej / V.T. Eryomenk, A.I. Oficerov, S.A. Cherepkov // Vestnik komp'yuterny'x i informacionny'x texnologij, 2012. – № 4. – S. 38-46.
11. Eryomenko V.T. Analiz modelej upravleniya trafikom v setyax ASUP na osnove texnologii MPLS / V.T. Eryomenko, S.V. Eryomenko, D.V. Anisimov, S.A. Cherepkov, A.A. Lyakishev // Informacionny'e sistemy' i texnologii, 2013. – № 1. – S. 106-112.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ

УДК 004.031+004.328

Е.А. ТИТЕНКО

НАСТРАИВАЕМЫЙ СДВИГОВЫЙ РЕГИСТР
ГОТОВНОСТИ РЕЗУЛЬТАТА
ДЛЯ ОДНОРОДНЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

В работе разработан оригинальный сдвиговый регистр с управлением позицией сдвига с помощью настроечного кода. Настраечный код формируется динамически путем битового анализа операндов с помощью типовых логических операций, что обеспечивает однородность функционального блока вычисления стартовых значений.

Ключевые слова: нетрадиционная архитектура устройства; управляемый регистр сдвига; обработка символьной информации; параллельные процессы.

ВВЕДЕНИЕ

Текущий уровень развития информатики и средств вычислительной техники (ВТ) характеризуется интеллектуализацией схем и моделей организации вычислений, что проявляется в создании различных форм распараллеливания вычислений, в том числе свойственных естественному интеллекту. Тем не менее, известные модели параллельных вычислений (клеточные автоматы, модели обработки информации на основе ассоциативной памяти, сети Петри, модели обмена сообщениями и др.) ориентированы на вычислительно трудоемкие задачи расчетно-логического характера на основе традиционных (CISC, RISC) архитектур вычислительных устройств (ВУ) и вычислительных систем (ВС). Кроме того, они не имеют гибких средств динамической реконфигурации для задания любых вычислительных процессов. Это означает, что коллектив дискретных исполнителей в CISC-, RISC-архитектурах по умолчанию имеет состав и связи под определенные структуры графов задач, поэтому возможна лишь частичная (преимущественно функциональная, а не структурная) реконфигурация под изменяющуюся структуру графа задачи. Вместе с тем существует класс проблемно-поисковых задач с частично известным информационным графом ее решения, для которого необходима разработка нетрадиционных архитектур ВС и ВУ на основе базовых продукционных операций [1, 2, 3]. Существующий разрыв между качественно новыми требованиями к проблемно-поисковым задачам (неопределенность хода вычислений, многозначность результата, динамическая модификация структур операндов, переменный размер фрагмента обрабатываемых данных и др.) и наследуемыми свойствами традиционных архитектур ВУ и ВС определяет поиск нестандартных архитектурных решений микро-, суб- и системного уровня организации [4] параллельных вычислений.

В настоящей работе рассматриваются микро- и subsystemные уровни проектирования нетрадиционной архитектуры ВУ, совмещающей в операционной части блоки сверхоперативной памяти и функциональные узлы [4, 5].

В таблице 1 приведены характеристики архитектур устройств для реализации параллельных вычислений.

В перечне характеристик особое положение занимают свойства реконфигурируемой архитектуры, связанные с однородностью операционной части и с переменным временем вычислений в зависимости от значений обрабатываемых операндов.

Таблица 1 – Характеристики архитектур для реализации параллельных вычислений

Характеристики архитектур	CISC-, RISC- архитектуры	Реконфигурируемая архитектура
---------------------------	--------------------------	-------------------------------

Тип управления	Поток команд	Поток данных
Однородность	Неоднородная структура	Однородная структура
Синхронизация	Синхронная работа	Синхронная работа
Формат данных	Фиксированный	Переменный
Время обработки	Инвариантно к значениям операндов	Зависит от значений операндов
Реконфигурация	Функциональная	Структурная
Алгоритм решения	Детерминированный	Детерминированный/ недетерминированный

Переменное время обработки операндов в условиях однородности структуры ВУ является дополнительным конкурентным преимуществом для поддержки проблемно-поисковых задач с неопределенным ходом решения, так как в среднем позволяет уменьшить время вычислений за счет выявления и поддержки независимых локальных подчиненных процессов (потоков) в рамках единой вычислительной операции (самостоятельного процесса).

Известные архитектуры ВУ ориентированы на организацию в пределах устройства единого вычислительного процесса над входными данными. Вместе с тем известно, что для ряда массовых операций (арифметическое сложение, сортировка методом вставок, операция подстановки, операция сжатия, поиск приоритетного значения и т.д.) существует возможность организации в пределах устройства нескольких вычислительных процессов с собственными стартовыми точками, распределенных по структуре операндов.

Пространственная распределенность обуславливает независимость хода вычислительных процессов между собой. Она достигается путем параллельного вычисления стартовых точек для локальных подпроцессов по структуре данных. Следствием пространственной распределенности является возможность выполнения вычислительных подпроцессов параллельно с необходимой синхронизацией и контролем момента времени завершения работы устройства. При этом автоматическое разбиение единого вычислительного процесса на пространственно распределенные процессы обуславливает асинхронную работу устройства в целом. Это означает, что время выполнения операции не фиксированная, а переменная величина, определяемая длительностью самого большого подпроцесса из сформированных по результату анализа состава операндов.

РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЕМОГО СДВИГОВОГО РЕГИСТРА

Для контроля готовности результатов сформированных подпроцессов в однородном ВУ вводится дополнительный блок – управляемый сдвиговый регистр, который одновременно отслеживает текущее состояние параллельно выполняемых подпроцессов. Известные сдвиговые регистры образуют единый процесс сдвига, что связано с единым входом синхронизации CLOCK (С-вход) и единственной стартовой точкой S (рис. 1).

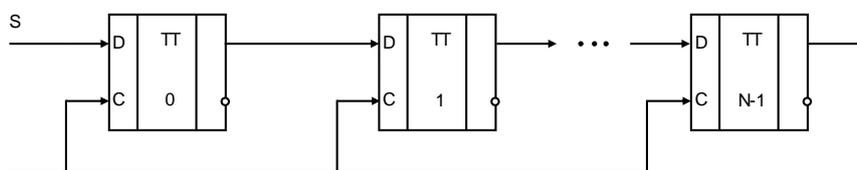


Рисунок 1 – Схема сдвигового регистра на N разрядов

Для организации схемы контроля готовности результата в каждый триггер сдвигового регистра (рис. 1) вводятся мультиплексоры «2→1», на информационные входы которых подаются внешнее стартовое значение или значение предыдущего триггера (рис. 2).

На адресные входы мультиплексоров «2→1» подается N-разрядный настроечный код, представляющий собой унитарный код-идентификатор позиций стартовых точек динамически созданных подпроцессов. Отдельный разряд настроечного кода, имеющий j-ю позицию и равный

логической «1», показывает, что с данной позиции образуется новый процесс сдвига, соответствующий образованию самостоятельного вычислительного подпроцесса.

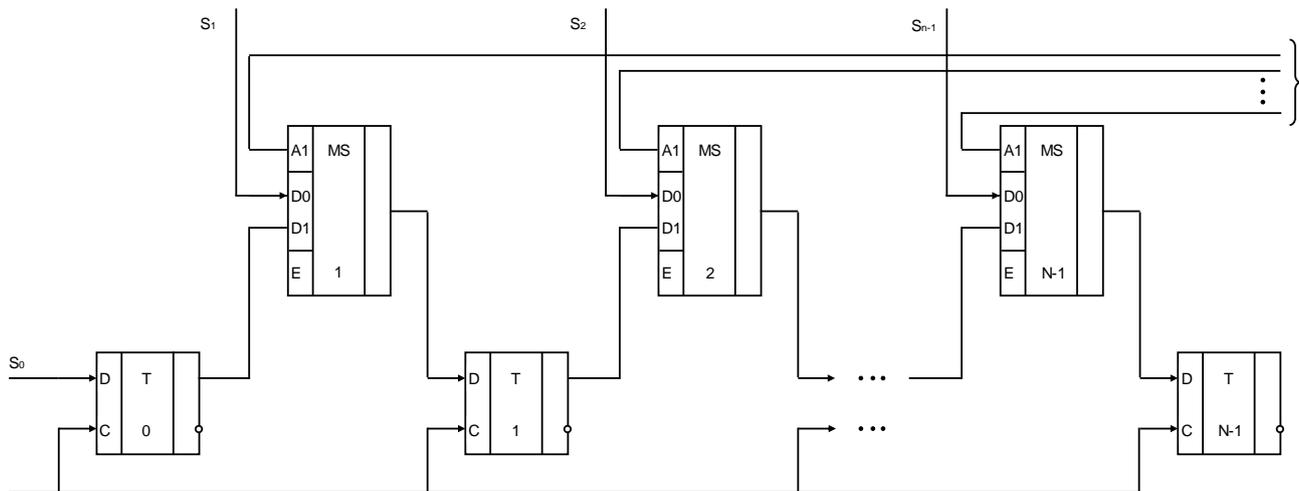


Рисунок 2 – Схема управляемого сдвигового регистра с настроечным кодом

На рисунке 3 приведен пример создания трех процессов сдвига длительностью в 2, 2, 1 разряды с настроечным кодом 0101. Настраиваемые входы $S_0 \div S_4$ являются самостоятельными входными данными для сдвиговых процессов.

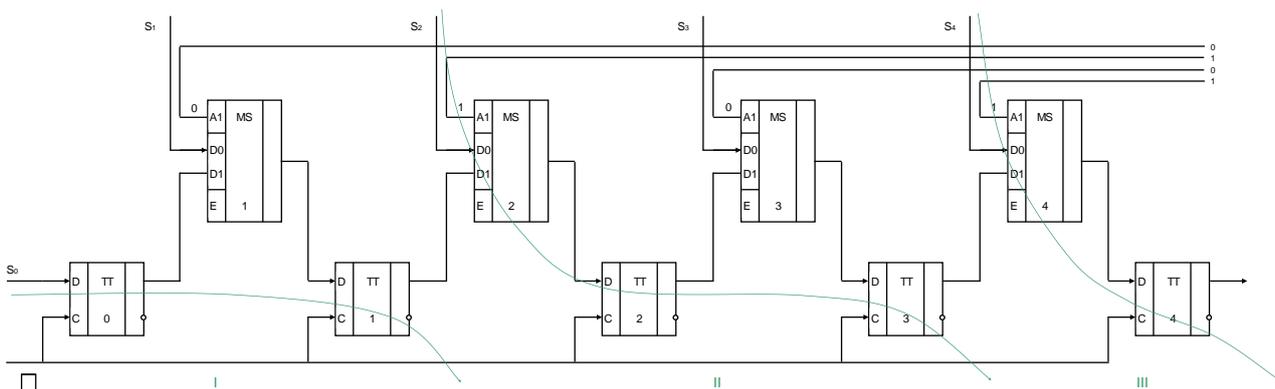


Рисунок 3 – Пример образования независимых процессов сдвига

Настраиваемый код вычисляется итерационной сетью (комбинационной схемой) в составе однородного ВУ по структуре обрабатываемых операндов.

В общем случае многообразие вариантов формирования M контролируемых процессов ($1 \leq M \leq N$) определяется значением настроечного кода $S_0 \div S_{N-1}$. В таблице 2 приведены некоторые варианты формирования M самостоятельных процессов сдвига. Каждый процесс сдвига из M возможных состоит в формировании увеличивающейся по длине тактового импульса единичной серии.

Таблица 2 – Пример создания процессов сдвигов

Настраиваемый код $S_0 \div S_{N-1}$	Варианты формирования M процессов сдвига
000...000	один процесс сдвига
....
010 ...01	три процесса сдвига
....
111 ...111	N процессов сдвига

Созданные M процессов, пространственно распределенных по длине управляемого сдвигового регистра, стартуют одновременно и заключаются в формировании увеличивающейся по длине единичной серии по тактовому импульсу. Условием завершения работы управляемого сдвигового регистра является итоговый вектор со значением $111\dots111$, что соответствует завершению всех созданных процессов сдвига. При этом формирование итогового вектора совпадает с длительностью самого большого по размеру процесса сдвига из M созданных процессов сдвига.

Полная функциональная схема управляемого сдвигового регистра представлена на рисунке 4.

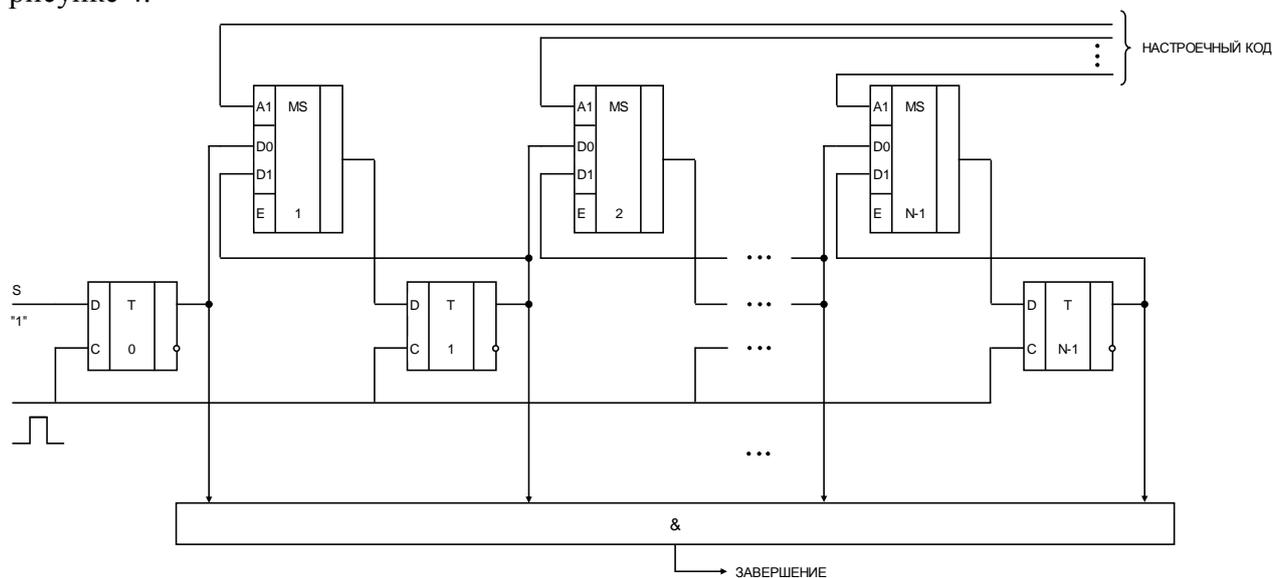


Рисунок 4 – Функциональная схема управляемого сдвигового регистра

После вычисления и загрузки настроечного кода управляемый сдвиговый регистр обеспечивает контроль завершения независимых вычислительных подпроцессов с темпом поэлементной обработки операндов. Параллельное выполнение множества подпроцессов сопровождается формированием итогового контрольного вектора на входе многоэлементного элемента И, логическая «1» на выходе которого формируется сигнал ЗАВЕРШЕНИЕ операции.

На примере массово значимой операции суммирования N -разрядный настроечный код формируется на основе битового анализа N -разрядных операндов в соответствии с таблицей 3 [6].

Таблица 3 – Выявление позиции Pos_j в N -разрядном векторе стартовых значений

a_i	0	0	1	1
b_i	0	1	0	1
Pos_j	1	0	0	1

Максимальное время суммирования определяется длиной максимального подпроцесса суммирования, при этом темп работы одноразрядного сумматора T_{SM2} согласуется с темпом одноразрядного процесса сдвига путем введения в управляемый сдвиговый регистр после мультиплексора «2→1» элемента задержки с длительностью τ_{DELAY} такой, что

$$T_{SM2} = T_{SHIFT} + \tau_{DELAY},$$

где T_{SHIFT} – время одноразрядного процесса сдвига.

ВЫВОДЫ

В работе разработана функциональная схема настраиваемого сдвигового регистра, которая основана на введении для каждого разряда регистра внешне управляемого мультиплексора «2→1» для задания стартовых значений самостоятельных процессов сдвига, что позволяет синхронизировать процессы выполнения пространственно распределенных вычислительных подпроцессов со временем выполнения сдвиговых процессов. Данная организация позволяет перейти к обнаружению момента времени готовности результата не пропорционально разрядности операндов, а в соответствии с составом обрабатываемых данных.

Для подтверждения временного выигрыша ниже приведена гистограмма зависимости максимальной длины (времени суммирования) при разрядности операндов 16 бит при переборе всех возможных комбинаций образуемых подпроцессов суммирования двух операндов, при этом среднее время суммирования составит $T_{\text{сред}}=4,34$.



Рисунок 5 – Гистограмма операндов с динамически формируемыми подпроцессами

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Титенко Е.А. Метод параллельного поиска по образцу и матричное устройство для его реализации // Информационные системы и технологии, 2011. – № 4. – С. 24-30.
2. Зерин И.С. Однородные вычислительные структуры для параллельных символьных вычислений / И.С. Зерин, Е.А. Титенко, С.Г. Емельянов // Известия Юго-Западного государственного университета. – № 6(39). – Ч. 2. – С. 77-82.
3. Титенко Е.А., Атакищев О.И. Метод ассоциативной обработки строк и аппаратно-ориентированный алгоритм для его реализации // Известия Юго-Западного государственного университета, 2011. – № 6(39). – Ч. 2. – С. 72-77.
4. Фет Я.И. Параллельные процессоры для управляющих систем. – М.: Энергоатомиздат, 1981. – 160 с.
5. Титенко Е.А. Аппаратно-ориентированный способ безотступной модификации данных для производственных систем // Известия Юго-Западного государственного университета, 2012. – № 4 (43). – Ч.2. – С. 52-55.
6. Титенко Е.А. Методы и сумматоры с параллельными групповыми процессами / Е.А. Титенко, К.С. Скорняков, К.Н. Бусыгин // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия «Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение», 2013. – № 1. – Ч. 3. – С. 161-166.

Титенко Евгений Анатольевич
Юго-Западный государственный университет, г. Курск

Кандидат технических наук, доцент кафедры программного обеспечения вычислительной техники
Тел.: 8 905 158 89 04
E-mail: johntit@mail.ru

E.A. TITENKO (*Candidate of Engineering Science, Associate Professor of the Department of Software
Computer Engineering*)
Southwest State University, Kursk

**THE CUSTOMIZE SHIFT REGISTER OF READINESS OF RESULT FOR MULTIPLE
CALCULATION DEVICES**

Work contains the original shift register with modification by a shift position by means of an adjusting code. The adjusting code is formed dynamically by the bit analysis of operands by means of standard logical operations that provides uniformity of the functional block of calculation of starting values.

Keywords: *non uniform architecture of device; the adjusting register of shift; calculation of symbolic information; the parallel processes.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Titenko E.A. Metod parallel'nogo poiska po obrazczu i matrichnoe ustrojstvo dlya ego realizacii // Informacionny'e sistemy' i tehnologii, 2011. – № 4. – S. 24-30.
2. Zerlin I.S. Odnodny'e vy'chislitel'ny'e struktury' dlya parallel'ny'x simvol'ny'x vy'chislenij / I.S. Zerlin, E.A. Titenko, S.G. Emel'yanov // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. – № 6(39). – Ch. 2. – S. 77-82.
3. Titenko E.A., Atakishhev O.I. Metod asociativnoj obrabotki strok i apparatno-orientirovanny'j algoritm dlya ego realizacii // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta, 2011. – № 6(39). – Ch. 2. – S. 72-77.
4. Fet Ya.I. Parallel'ny'e processory' dlya upravlyayushhix sistem. – M.: E'nergoatomizdat, 1981. – 160 s.
5. Titenko E.A. Apparatno-orientirovanny'j sposob bezoystupnoj modifikacii danny'x dlya produkcionny'x sistem // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta, 2012. – № 4 (43). – Ch. 2. – S. 52-55.
6. Titenko E.A. Metody' i summatory' s parallel'ny'mi gruppovy'mi processami / E.A. Titenko, K.S. Skorniyakov, K.N. Busy'gin // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya «Upravlenie, vy'chislitel'naya texnika, informatika. Medicinskoe pribrostroenie», 2013. – № 1. – Ch. 3. – S. 161-166.

УДК 004.733

А.Г. ДУБРОВИН, И.Н. СОЛОДКОВ

**РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА
НЕСАНКЦИОНИРОВАННОГО ДОСТУПА
К ШИРОКОПОЛОСНОЙ БЕСПРОВОДНОЙ СЕТИ СТАНДАРТА 802.11N**

В статье представлен способ доступа к сетям широкополосного беспроводного доступа стандарта IEEE 802.11n, использующих стандарт шифрования WPA2, отличающийся от ранее известных более высокой скоростью вскрытия. Проведены натурные испытания, показавшие его высокую эффективность.

Ключевые слова: сети широкополосного беспроводного доступа; алгоритм шифрования данных WPA2; несанкционированный доступ; уязвимость.

ВВЕДЕНИЕ

Очевидные преимущества сетей широкополосного беспроводного доступа (ШБД) стандарта IEEE 802.11 по сравнению с традиционными проводными сетями обеспечили стремительный рост количества пользователей и увеличение объемов передаваемой информации.

Несомненными достоинствами сетей ШБД перед проводными сетями является простота развертывания, гибкость архитектуры сети, обеспечивающей возможность динамического изменения топологии сети при подключении, передвижении и отключении мобильных пользователей без значительных потерь времени, а также быстрота проектирования и реализации, что критично при жестких требованиях ко времени построения сети.

Наиболее эффективно достоинства сетей ШБД проявляются при развертывании сетей внутри зданий и офисных сооружений, в которых прокладывание проводных линий сопряжено со значительными временными и финансовыми затратами. В этом случае появляется возможность превратить здание в единую беспроводную зону и увеличить скорость соединения вне зависимости от количества стен (преград) [1].

В настоящее время сети ШБД развернуты не только в офисах, кафе и частных жилых помещениях, но также в пригородных поездах, вокзалах, аэропортах, что позволяет транзитным пассажирам получать доступ к электронным услугам и различным электронным приложениям.

Однако несмотря на свои достоинства, беспроводные сети на современном этапе развития не лишены серьёзных недостатков. Прежде всего, это зависимость скорости соединения и радиуса действия от наличия преград, от расстояния между приёмником и передатчиком, а также безопасность беспроводной сети.

Анализ существующих стандартов шифрования данных для беспроводных сетей (WEP – Wired Equivalent Privacy, WPA – Wi-Fi Protected Access и WPA2) показал, что они подвержены дестабилизирующему воздействию со стороны постановщиков помех, а также возможности несанкционированного доступа, что может привести к различным негативным техническим и экономическим последствиям [2]. В связи с этим представляется актуальным проведение исследования возможности несанкционированного подключения к сети ШБД, использующей протокол шифрования (WPA и WPA2) с целью разработки технических предложений по повышению защищенности сетей ШБД, использующих данный алгоритм шифрования.

АНАЛИЗ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

На научной конференции Defcon 18 [3] компанией Air Tight Networks была продемонстрирована возможность подключения к сети ШБД, использующей алгоритм шифрования WPA2. Алгоритм несанкционированного подключения, получивший название Hole 196, использует метод атаки Man in the middle [4], в соответствии с которой авторизованный в сети Wi-Fi пользователь может перехватывать и дешифровать данные, передаваемые и принимаемые другими пользователями этой же сети.

При проведении атаки осуществляется контроль несущей и распределенной функции координации, позволяющий несанкционированному пользователю получить доступ к среде передачи информации. Как правило, атака Man in the middle применяется для захвата уже авторизованной сессии, выполнения собственных команд на сервере и отправки ложных команд и сообщений другим пользователям беспроводной сети. Данная атака позволяет несанкционированному пользователю добавлять собственную информацию в пересылаемые по сети электронные письма, SQL выражения и веб-страницы, модернизировать загружаемые другими пользователями файлы, получать доступ к учетным записям и паролям.

Как правило, большинство существующих методов несанкционированного подключения использует операционные системы с открытым доступом к ядру, чаще всего Ubuntu или Linux-подобные системы. До недавнего времени единственным возможным методом взлома Wi-Fi сети с шифрованием WPA2 был перебор всех возможных комбинаций пароля, либо атака по словарю, но в этом случае необходимым условием взлома было наличие handshake от точки доступа, в ходе которого осуществляется захват пакетов авторизации. Процесс перебора занимает от нескольких часов до столетий в зависимости от сложности пароля и вычислительных мощностей компьютера злоумышленника. Например, для пароля из восьми символов, содержащего набор английских букв нижнего, верхнего регистра и цифр методом подбора на компьютере с процессором с тактовой частотой 1800 ГГц время подключения составляло до нескольких десятков лет. При атаке Man in the middle процесс доступа сократился от нескольких часов до нескольких десятков минут [5].

Таким образом, проведенный анализ предметной области показал, что выбор в качестве направления работы разработки алгоритма подключения к беспроводной сети стандарта IEEE 802.11n, использующей шифрование данных по протоколам WPA и WPA2, является важной и актуальной научной задачей, значение которой возрастает пропорционально увеличению количества сетей ШБД и объемов передаваемой в них информации.

СПОСОБ РЕШЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

В соответствии со спецификацией стандарта IEEE 802.11 в процессе установления соединения и дальнейшего общения между клиентским терминалом и точкой доступа используется ключевая схема доступа в виде набора временных и статических ключей, используемых для шифрования трафика, проверки целостности сообщений и т.п.

Для воспроизведения алгоритма аутентификации пользователя на стороне атакующего пользователя необходимо иметь информацию не только из пакетов аутентификации, но и из пакетов APB (Access Point Beacon) ширококвещательной рассылки точкой доступа информации об организованной ей сети, признаком которого является MAC-адрес отправителя, равный MAC-адресу точки доступа.

Сообщения аутентификации (4 фрейма канального уровня) содержат в себе информационные поля, из которых для осуществления несанкционированного подключения необходимы следующие:

- 1) MAC-адрес точки доступа;
- 2) MAC-адрес терминала клиента;
- 3) nonce – случайное 32-байтное число, генерируемое точкой доступа при установлении соединения – фрейм I;

- 4) nonce – случайное 32-байтное число, генерируемое терминалом клиента – фрейм II;
- 5) размер текущего фрейма аутентификации (без канального заголовка) – фрейм II или III или IV;
- 6) содержимое фрейма аутентификации (без канального заголовка) – обязательно тот же фрейм, что выбран в предыдущем пункте;
- 7) mic (message integrity check) – ключ целостности сообщения – обязательно тот же, фрейм, что выбран в предыдущем пункте;
- 8) версия протокола защиты данных (WPA или WPA2) – фрейм II, III или IV.

При установлении соединения точка доступа и терминал клиента обмениваются вышеперечисленными данными, при этом для устранения и усложнения проведения атаки типа Man in the middle, в спецификации WPA2 введена проверка целостности сообщений (начиная со второго фрейма) посредством вычисления функции авторства сообщения, основанной на «хэше» (HMAC) по его содержимому с использованием в качестве ключа не только статического ключа, т.е. пароля, но и случайных чисел nonce и snonce, сгенерированных участниками обмена в момент установления соединения.

В ходе исследования возможностей алгоритма Man in the middle была определена возможность его усовершенствования, заключающаяся в анализе не только мастер-ключа РМК (Pair Master Key) (многократно захешированный пароль с использованием имени сети ssid), но и передаточного ключа РТК (Pair-wise Transient Key) (с помощью которого происходит вычисление ключа целостности сообщений). В результате оказалось возможным существенное сокращение времени вычисления набора ключей сети при использовании метода «активного перебора» для подключения к сети стандарта IEEE 802.11.

Окончательно блок-схема разработанного алгоритма несанкционированного подключения к сети ШБД будет иметь вид, представленный на рисунке 1.

Процесс подключения к сети осуществляется в несколько этапов:

Этап 1. Ввод исходных данных и мониторинг беспроводной сети (блоки 1, 2, рис. 1).

В процессе мониторинга беспроводной сети необходимо узнать её основные параметры: название сети, тип сети, MAC-адрес точки доступа, MAC-адрес клиентских станций, номер канала, используемого для обмена информацией между точкой доступа и клиентской станцией, тип шифрования, используемый в данной сети. Данные сведения в последующем будут использоваться злоумышленником для подмены своим терминалом одной из легальных станций беспроводной сети.

Сбор необходимых сведений о передаваемой в среде информации осуществляется сетевой картой ноутбука злоумышленника после перевода ее в режим сканирования среды с записью собранных сведений на жесткий диск ноутбука или любой другой носитель.

Этап 2. Активное воздействие на точку доступа.

Используя полученные на предыдущем этапе сведения, изменяются параметры сетевой карты на ноутбуке злоумышленника (MAC-адрес и канал передачи информации точке доступа) (блок 3, рис. 1) на соответствующие параметры клиентской станции. Ноутбук злоумышленника дублирует клиентскую станцию. После завершения второго этапа в сети ШБД по отношению к точке доступа будут присутствовать 2 станции с одинаковыми параметрами.

Этап 3. Получение доступа к беспроводной сети.

Используя уязвимость в механизме множественного доступа с контролем несущей и предотвращением коллизий (CSMA/CA), представляющей собой механизм «прослушивания среды перед началом передачи», происходит деавторизация клиентской станции путем принудительного разъединения точки доступа и клиентской станции за счет отправки от терминала злоумышленника на точку доступа сообщения об отсутствии соединения. Данная операция носит название handshake (блок 4, рис. 1).

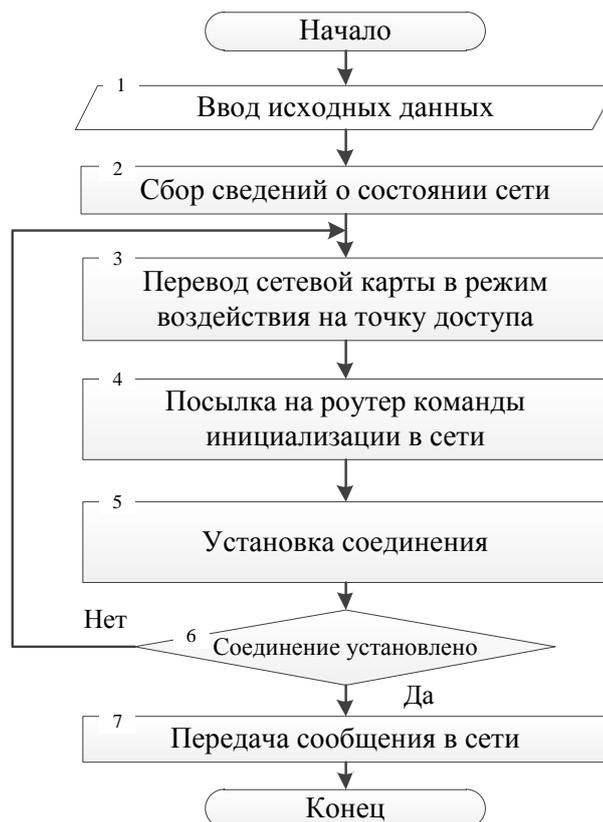


Рисунок 1 – Блок-схема алгоритма подключения к сети ШБД

Получив данное сообщение, роутер будет вынужден повторно инициализировать процесс установления соединения, в ходе которого производится перехватывание сообщения аутентификации (4 фрейма канального уровня) и ассоциирования.

Особенностью разработанного метода подключения является использование полученной ранее (на этапе 2) информации о предыдущих значениях запрашиваемого пароля в сети и ответа на него. В служебном поле сообщения устанавливается минимальное значения окна конкуренции, которое для легального пользователя формируется случайным образом [2], вследствие чего ноутбук злоумышленника будет получать преимущество в подключении перед клиентской станцией.

Далее в ходе обработки информации и обмене ей с точкой доступа, используя метод «активного перебора», выявляется ключ данной сети (блок 5, рис.1) и осуществляется несанкционированное подключение к сети. Для роутера ноутбук злоумышленника будет представлять ранее подключенную станцию пользователя, в результате чего вся циркулирующая в сети информация будет доступна злоумышленнику.

Проверка эффективности разработанного алгоритма проверялась посредством натурального эксперимента, в ходе которого была развернута широкополосная беспроводная сеть, состоящая из точки доступа и нескольких клиентских станций. В качестве точки доступа использовался радиомаршрутизатор D-link DiR-615 (тип шифрования – WEP, WPA, WPA2), обеспечивающий скорость передачи данных в сети до 300 Мбит/с. Клиентские станции были представлены ноутбуками ASUS EEE PC 1201 N (рис. 2).

Станцию несанкционированного пользователя исполнял ноутбук ASUS EEE PC 1201 N, аналогичный клиентским станциям.

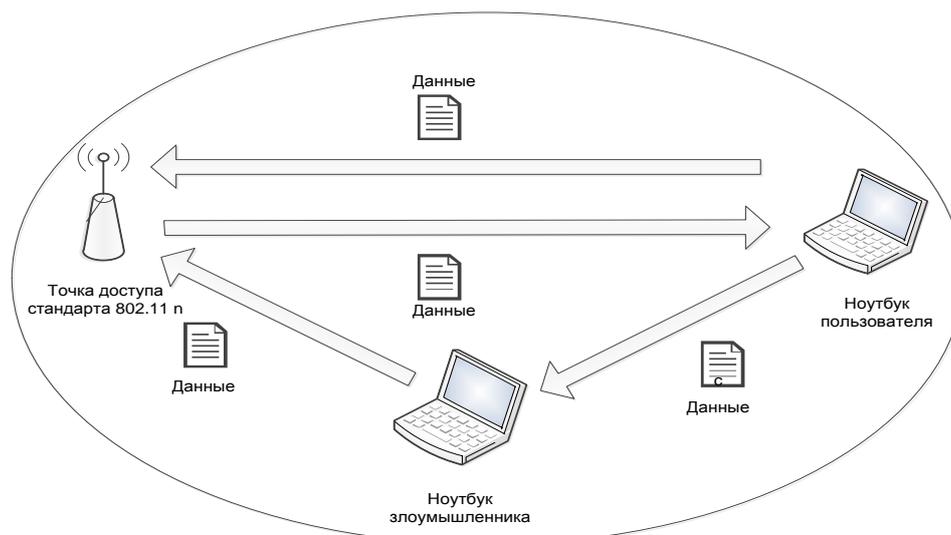


Рисунок 2 – Схема проведения натурного эксперимента

После настройки беспроводной сети для передачи данных между точкой доступа и ноутбуками пользователя была проведена попытка подключения с ноутбука злоумышленника в соответствии с разработанным алгоритмом.

В ходе эксперимента были подтверждены результаты по сокращению времени на осуществление несанкционированного подключения к сети ШБД. На подключение в среднем затрачивалось от 10 до 55 секунд, что как минимум в 4-5 раз быстрее ранее использовавшихся способов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время бурное развитие беспроводных технологий позволяет предоставлять мобильным пользователям сетей ШБД полный спектр телекоммуникационных услуг. Увеличивается количество сетей и, соответственно, зона покрытия.

Использование радиоволн в качестве среды передачи сигнала в беспроводных сетях создают условия для несанкционированного перехвата информации. Данная особенность сетей ШБД является негативным фактором, который необходимо учитывать владельцам сетей.

Производители оборудования для сетей ШБД не остаются в стороне от проблем несанкционированного доступа, постоянно совершенствуя способы и алгоритмы повышения безопасности сетей, пытаясь сделать несанкционированный взлом неэффективным с точки зрения затрат на его осуществление.

Проведенная авторами работа подтвердила техническую уязвимость беспроводных сетей стандарта IEEE 802.11 в виде осуществления несанкционированного подключения с возможностью последующего перехвата сообщений в сети.

Разработанный авторами алгоритм несанкционированного доступа позволяет найти способ защиты от атак данного вида.

В качестве технических предложений, позволяющих повысить защищенность сетей ШБД, можно рекомендовать использование одноразовых паролей, создание топологии беспроводной сети, исключаяющей прямое соединение точки доступа с проводной ЛВС, увеличение размерности используемых ключей или создание виртуальных частных сетей VPN на основе сертификата открытого ключа стандарта X.509, регулярная смена идентификатора сети (*SSID*), логина и пароля администратора. Комплексное применение

данных мер позволит существенно затруднить злоумышленникам возможность несанкционированного подключения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: учебник. – Санкт-Петербург: Питер, 2001. – 968 с.
2. Основы построения беспроводных локальных сетей стандарта 802.11. Практическое руководство по изучению, разработке и использованию беспроводных ЛВС стандарта 802.11: пер. с англ. / Педжман Рoshан, Джонатан Лиэри. – М.: CiscoPress. – Издательский дом «Вильямс», 2004. – 304 с.: ил.
3. [Электронный ресурс]. – URL: www.defcon.org.
4. Alberto Ornaghi, Marco Valleri. Man In The Middle Attacks. – Black Hat Conference Europe, 2003.
5. Robert McMillan. Once thought safe, WPA Wi-Fi encryption is cracked. – IDG News Service, November 06, 2008.

Дубровин Александр Георгиевич
Академия ФСО России, г. Орел
Кандидат технических наук, преподаватель
Тел.: 8 953 613 43 69
E-mail: dubrovin1973@mail.ru

Солодков Иван Николаевич
Академия ФСО России, г. Орел
Слушатель
Тел.: 8 953 622 31 00
E-mail: sin-364@yandex.ru

A.G. DUBROVIN (*Candidate of Engineering Sciences, Teacher*)

I.I. SOLODKOV (*Student*)
Academy of Federal Agency of Protection of the Russian Federation, Orel

DEVELOPMENT THE ALGORITHM FOR UNAUTHORIZED TECHNIQUE FOR WIRELESS WIDEBAND ACCESS COMMUNICATION OF 802.11N STATEMENT

In this article described the way to access to wireless broadband networks of IEEE 802.11n standard, are using WPA2 encryption statement. The algorithm works is more faster than previously known. The field tests are shown high efficiency of described way.

Keywords: *wireless broadband network; WPA2 encryption statement algorithm; unauthorized technique; vulnerability.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Olifer V.G., Olifer N.A. Komp'yuterny'e seti. Principy', tehnologii, protokoly': uchebnik. – Sankt-Peterburg: Piter, 2001. – 968 s.
2. Osnovy' postroeniya besprovodny'x lokal'ny'x setej standarta 802.11. Prakticheskoe rukovodstvo po izucheniyu, razrabotke i ispol'zovaniyu besprovodny'x LVS standarta 802.11: per. s angl. / Pedzhman Roshan, Dzonatan Lie'ri. – M.: CiscoPress. – Izdatel'skij dom «Vil'yams», 2004. – 304 s.: il.
3. [E'lektronny'j resurs]. – URL: www.defcon.org.
4. Alberto Ornaghi, Marco Valleri. Man In The Middle Attacks. – Black Hat Conference Europe, 2003.
5. Robert McMillan. Once thought safe, WPA Wi-Fi encryption is cracked. – IDG News Service, November 06, 2008.

ТРЕБОВАНИЯ к оформлению статьи для опубликования в журнале «Информационные системы и технологии»

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

Объем материала, предлагаемого к публикации, измеряется страницами текста на листах **формата А4** и содержит от **4 до 9 страниц**; все страницы рукописи должны иметь сплошную нумерацию.

В одном сборнике может быть опубликована только **одна** статья **одного** автора, включая соавторство.

Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

Аннотации всех публикуемых материалов, ключевые слова, информация об авторах, списки литературы будут находиться в свободном доступе на сайте соответствующего журнала и на сайте Российской научной электронной библиотеки – РУНЭБ (Российский индекс научного цитирования).

ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ НАУЧНОЙ СТАТЬИ

Научная статья, предоставляемая в журналы, должна иметь следующие **обязательные** элементы:

- постановка проблемы или задачи в общем виде;
- анализ достижений и публикаций, в которых предлагается решение данной проблемы или задачи, на которые опирается автор, выделение научной новизны;
- исследовательская часть;
- обоснование полученных результатов;
- выводы по данному исследованию и перспективы дальнейшего развития данного направления;
- библиография.

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ НАУЧНОЙ СТАТЬИ

• Статья должна быть набрана шрифтом Times New Roman, размер 12 pt с одинарным интервалом, текст выравнивается по ширине; абзацный отступ – 1,25 см, правое поле – 2 см, левое поле – 2 см, поля внизу и сверху – 2 см.

• **Обязательные элементы:**

- **УДК**
- **заглавие (на русском и английском языках)**
- **аннотация (на русском и английском языках)**
- **ключевые слова (на русском и английском языках)**
- **список литературы**, на которую автор ссылается в тексте статьи.

ТАБЛИЦЫ, РИСУНКИ, ФОРМУЛЫ

• Все таблицы, рисунки и основные формулы, приведенные в тексте статьи, должны быть пронумерованы.

• **Формулы** следует набирать в редакторе формул Microsoft Equation 3.0 с размерами: обычный шрифт – 12 pt, крупный индекс – 10 pt, мелкий индекс – 8 pt. **Формулы, внедренные как изображение, не допускаются!** Русские и греческие буквы, а также обозначения тригонометрических функций набираются прямым шрифтом, латинские буквы – *курсивом*.

• **Рисунки** и другие иллюстрации (чертежи, графики, схемы, диаграммы, фотоснимки) следует располагать непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые. Рисунки, число которых должно быть логически оправданным, представляются в виде отдельных файлов в формате *.eps (Encapsulated PostScript) или TIF размером не менее 300 dpi.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

• В конце статьи приводятся набранные 10 pt сведения об авторах в такой последовательности: фамилия, имя, отчество (полу жирный шрифт); учреждение или организация, ученая степень, ученое звание, должность, адрес, телефон, электронная почта (обычный шрифт).

Сведения об авторах предоставляются отдельным файлом и обязательно дублируются на английском языке.