

№ 1 (93) январь-февраль 2016

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)
Еременко В.Т. (Орел, Россия)
Иванников А.Д. (Москва, Россия)
Коськин А.В. (Орел, Россия)
Подмастерьев К.В. (Орел, Россия)
Поляков А.А. (Москва, Россия)
Савина О.А. (Орел, Россия)
Раков В.И. (Орел, Россия)

Сдано в набор 15.12.2015 г.

Подписано в печать 26.12.2015 г.

Формат 60х88 1/8.

Усл. печ. л. 7,5. Тираж 300 экз.

Заказ № 02/16П1

Отпечатано с готового оригинал-макета
на полиграфической ба

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет - УНПК»

302030, г. Орел, ул. Московская, 65

Подписной индекс 15998

по объединенному каталогу

«Пресса России»

Материалы статей печатаются в авторской редакции.

Право использования произведений предоставлено
авторами на основании п. 2 ст. 1286 Четвертой части
ГК РФ.

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

Рубрики номера

1. Математическое и компьютерное
моделирование.....5-25
2. Информационные технологии
в социально-экономических
и организационно-технических
системах26-49
3. Автоматизация и управление
технологическими процессами и
производствами.....50-62
4. Математическое и программное обеспечение
вычислительной техники и
автоматизированных систем.....63-83
5. Телекоммуникационные системы
и компьютерные сети.....84-91
6. Информационная безопасность и защита
информации.....91-99

Редакция

О.И. Константинова
А.А. Митин

Адрес учредителя журнала

302020, г. Орел, Наугорское шоссе, 29

(4862) 42-00-24; www.gu-unpk.ru;

E-mail: unpk@ostu.ru

Адрес редакции

302020, г. Орел, Наугорское шоссе, 40

(4862) 43-40-39; www.gu-unpk.ru;

E-mail: konstaoksana@yandex.ru; 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.

№ 1 (93) January-February 2016

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)
Eremenko V.T. (Orel, Russia)
Ivannikov A.D. (Moscow, Russia)
Koskin A.V. (Orel, Russia)
Podmasteriev K.V. (Orel, Russia)
Polyakov A.A. (Moscow, Russia)
Savina O.A. (Orel, Russia)
Rakov V.I. (Orel, Russia)

*It is sent to the printer's on 15.12.2015,
26.12.2015 is put to bed*

Format 60x88 1/8.

Convent. printer's sheets 7,5. Circulation 300 copies

The order № 02/16П1

*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 Rossi» 15998*

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

In this number

1. Mathematical and computer simulation....5-25
2. Information technologies in social and
economic and organizational-technical
systems.....26-49
3. Automation and control of technological
processes and manufactures.....50-62
4. Software of the computer facilities and the
automated systems.....63-83
5. Telecommunication systems and computer
networks.....84-91
6. Information and data security.....92-99

The editors

Konstantinova O.I.
Mitin A.A.

The address of the founder of journal

302020, Orel, Highway Naugorskoe, 29
(4862) 42-00-24; www.gu-unpk.ru;
E-mail: unpk@ostu.ru

The address of the editorial office

302020, Orel, Highway Naugorskoe, 40
(4862) 43-40-39; www.gu-unpk.ru;
E-mail: konstaoksana@yandex.ru; 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
ПМ № ФС77-47350 from 03.11.2011.

© State University – ESPC, 2016

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

О.П. АРХИПОВ, Ю.А. МАНЬЯКОВ

Метод определения низкодетализированных областей 3d-моделей.....5-9

О.А. ИВАЩУК, И.С. КОНСТАНТИНОВ, Д.А. КВАНИН

Ситуационное моделирование при управлении биотехносферой территорий городских агломераций.....10-16

А.Л. МАШКОВА, Н.С. КОНОНОВ

Моделирование поведения интеллектуального агента в условиях неопределенности внешней среды.....17-25

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ И ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

М.С. БОНДАРЧУК

Функциональное описание процесса планирования проверочной деятельности на основе показателей приоритетности проверок.....26-33

Ю.Б. САВВА, Ю.В. ДАВЫДОВА

Проектирование информационной системы идентификации лиц, причастных к сфере незаконного оборота наркотических средств и психотропных веществ в виртуальных социальных сетях, с использованием базы данных жаргонизмов.....34-42

В.А. ФРОЛОВА, А.В. КОСЬКИН, О.А. САВИНА, А.И. ФРОЛОВ

Построение модели региональной социально-экономической системы «образовательная организация высшего образования – работодатель».....43-49

АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ

В.И. АВЕРЧЕНКОВ, М.В. ТЕРЕХОВ, В.В. КОЛЯКИН

Анализ возможностей импортозамещения узлов оборудования для быстрого прототипирования используемых материалов.....50-56

А.В. БЕЛОУСОВ, А.Г. ГРЕБЕНИК, Ю.А. КОШЛИЧ

Анализ корреляционной взаимосвязи технологических переменных систем управления энергоснабжением и жизнеобеспечением зданий.....57-62

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ

Н.А. ОРЕШИН, А.Н. ОРЕШИН, В.С. ШУМИЛИН, В.А. ПЕТРОВ

Многопродуктовая многополюсная потоковая модель первичной сети связи.....63-68

В.В. РЯБОКОНЬ

Канонизация массивов бинарных данных.....69-73

Е.В. ЦВЯЩЕНКО

Анализ согласованности базы данных NOSQL на этапе проектирования информационной системы.....74-83

ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ СЕТИ

В.Т. ЕРЁМЕНКО, В.А. ЯГУПОВ

Метод оптимизации структуры программно-технического комплекса автоматизации городских сетей газоснабжения жилищно-коммунального хозяйства.....84-91

ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ

ОЛАДЬКО В.С.

Модель оценки защищенности автоматизированного рабочего места пользователя.....92-99

CONTENT

MATHEMATICAL AND COMPUTER SIMULATION

ARXIPOV O.P., MAN'YAKOV Yu.A.

Method of 3d-model low-detailed areas determination.....5-9

IVASHhUK O.A., KONSTANTINOV I.S., KVANIN D.A.

Situational modeling in management of biotechnosphere of territories of urban agglomerations.....10-16

MASHKOVA A.L., KONONOV N.S.

Modeling behavior of an intellectual agent under uncertainty.....17-25

INFORMATION TECHNOLOGIES IN SOCIAL AND ECONOMIC AND ORGANIZATIONAL-TECHNICAL SYSTEMS

BONDARCHUK M.S.

The functional description of control activity planning process based on the inspection priority indicators.....26-33

SAVVA Yu.B., DAVY'DOVA Yu.V.

Design of information system identification of persons which participate illicit in field of narcotic drugs and psychotropic substances in the virtual social networks using the database jargon.....34-42

FROLOVA V.A., KOS'KIN A.V., SAVINA O.A., FROLOV A.I.

Building a model of regional socio-economic system «educational organization of higher education – employer».....43-49

AUTOMATION AND CONTROL OF TECHNOLOGICAL PROCESSES AND MANUFACTURES

AVERChENKOV V.I., TEREXOV M.V., KOLYaKIN V.V.

Analysis of opportunities for import substitution of equipment and materials for rapid prototyping.....50-56

BELOUSOV A.V., GREBENIK A.G., KOSHlich Yu.A.

The correlation analysis of technological variables of energy supply and life support control systems....57-62

SOFTWARE OF THE COMPUTER FACILITIES AND THE AUTOMATED SYSTEMS

OREShIN N.A., OREShIN A.N., ShUMILIN V.S., PETROV V.A.

Multi-product multi-pole streaming model of the primary communication network.....63-68

RYaBOKON' V.V.

Binary data arrays canonization.....69-73

CVYaShhENKO E.V.

Consistency analysis of NOSQL database on the design stage of the information system.....74-83

TELECOMMUNICATION SYSTEMS AND COMPUTER NETWORKS

ERYoMENKO V.T., YaGUPOV V.A.

Method of optimizing the structure of software and hardware complex urban networks automation gas supply housing and communal services.....84-91

INFORMATION AND DATA SECURITY

V.S. OLAD'KO

Model evaluation of security automated workplace of user.....92-99

УДК 004.9

О.П. АРХИПОВ, Ю.А. МАНЬЯКОВ

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ НИЗКОДЕТАЛИЗИРОВАННЫХ ОБЛАСТЕЙ 3D-МОДЕЛЕЙ

В статье описывается метод определения областей у трехмерных моделей с низкой детализацией. Данный метод является составной частью процесса детализации 3D-моделей и позволяет выделять участки с недостаточным уровнем детализации. В статье сформулирован критерий слабой детализации и методика расчета порогового значения, а также способ нахождения области детализации; представлены результаты работы метода на основе синтетических тестовых данных.

Ключевые слова: трехмерная реконструкция; детализация; 3D-модель.

ВВЕДЕНИЕ

Трехмерная реконструкция является одним из перспективных направлений в области компьютерной графики с точки зрения повышения скорости и уменьшения сложности процесса трехмерного моделирования. Результатом применения трехмерной реконструкции являются трехмерные модели объектов. Одной из важных проблем при построении моделей объектов в процессе трехмерной реконструкции является их детализация. Для различных целей и задач требуется различный уровень детализации представления моделей. Помимо этого, необходимость варьировать детализацию объектов обуславливается требованиями производительности вычислительных систем, что особенно актуально при визуализации сцен в реальном времени.

Одним из подходов к решению проблемы является концепция LOD (Levels of Detail) [1]. Данный подход подразумевает наличие нескольких вариантов моделей одного объекта с различными уровнями детализации геометрии. Применительно к текстурам разновидностью такого подхода является MIP-текстурирование [2]. К недостаткам такого подхода можно отнести большой объем памяти, требующийся для хранения моделей всех уровней детализации.

Рассмотренные технологии имеют перед собой главную цель – упрощение трехмерных моделей, однако в случае трехмерной реконструкции, основанной на изображениях, зачастую требуется решение обратной задачи – задачи повышения детализации моделей. Причиной тому может являться недостаточное количество опорных точек (ОТ), требуемых для построения трехмерных моделей, полученных в результате анализа изображений. Получение полной высокодетализированной модели методами трехмерной реконструкции на основе изображений может быть затруднительно и довольно ресурсоемко, поэтому рекомендуется осуществлять детализацию не всего объекта, а отдельных его областей.

Детализация производится путем применения процедуры генерации ОТ [3] на локальных участках стереопар. Кратко данный процесс представляет из себя следующую последовательность действий. На найденных областях изображений, подлежащих детализации, осуществляется повторное построение цветовой индексной палитры (ЦИП) с варьированием параметров алгоритма построения ЦИП с целью получения большего количества цветовых сегментов на последующем этапе сегментации. В связи с этим возникает необходимость поиска областей, подлежащих детализации, а, следовательно, и формулировка критерия, на основе которого будет принято решение о необходимости детализации той или иной области. Помимо этого, необходимо определить пороговое значение критерия и принципы поиска области детализации.

КРИТЕРИЙ НЕДОСТАТОЧНОЙ ДЕТАЛИЗИРОВАННОСТИ

Главным поводом для повышения детализации объекта является требование его внешнего соответствия реальному объекту, которое визуально определяется пользователем либо экспертом. Тем не менее автоматизация технологии трехмерной реконструкции требует формализации данного критерия. В связи с этим основным критерием слабой детализации можно считать определенное значение плотности ОТ (μ), которое ниже относительно некоторого порога:

$$\mu = \frac{N}{S},$$

где N – количество ОТ; S – количество пикселей некоторой области изображения либо количество вокселей некоторой области поверхности модели.

Однако непосредственное измерение локальной плотности ОТ является довольно ресурсоемкой и сложнореализуемой задачей. Поэтому следует рассмотреть другие критерии. Одним из таких критериев является взаимная удаленность ОТ друг от друга. В случае превышения некоторого порогового значения стоит говорить о необходимости детализации области, содержащей данные удаленные ОТ.

Ввиду того, что процедура поиска соседних ОТ и вычисление расстояний между ними производится на этапе воксельной аппроксимации технологии представления натурального объекта и изменения его пространственного положения [4, 5], то использование этой информации для вычисления критерия слабой детализации не приведет к росту вычислительной сложности.

К недостаткам данного метода можно отнести необходимость построения связей между ОТ и изображением, с которого они были получены. Для этого необходимо индексировать сопряженные ОТ по принадлежности к изображениям (стереопарам). Таким образом, структура индексированной ОТ может быть представлена как кортеж:

$$OT = \langle id, x, y, z, pid \rangle,$$

где id – идентификатор ОТ; (x, y, z) – координаты ОТ; pid – идентификатор стереопары, на основе которой была получена данная ОТ.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОРОГОВОГО ЗНАЧЕНИЯ КРИТЕРИЯ СЛАБОЙ ДЕТАЛИЗАЦИИ

Пороговое значение критерия слабой детализации (T) является относительной динамической характеристикой и описывает условие, при котором рассматриваемые ОТ считаются относящимися к области детализации, и определяется следующим образом: если Евклидово расстояние между любыми смежными ОТ больше суммы среднего расстояния между смежными ОТ (d) и его среднеквадратического отклонения (σ), то данные ОТ считаются удаленными. В данном случае смежными ОТ с данной считаются m ОТ наименее удаленных от данной в трехмерном пространстве.

$$d = \frac{\sum_{i=1}^n (\sum_{j=1}^m d_{ij})}{nm};$$

$$T = d + \sigma,$$

где d_{ij} – Евклидово расстояние от i -ой ОТ до смежной с ней j -ой ОТ; d – среднее арифметическое Евклидово расстояние между всеми смежными ОТ; T – пороговое значение критерия слабой детализации.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЛАСТИ ДЕТАЛИЗАЦИИ

На основе критерия, определенного на предыдущем этапе, осуществляется поиск удаленных ОТ, в результате которого получается совокупность пар ОТ, взаимоудаленных друг от друга:

$$D = \{\langle id_1, id_2 \rangle, \dots, \langle id_1, id_2 \rangle\},$$

где id_1 и id_2 – идентификаторы ОТ пары взаимно удаленных ОТ; D – совокупность пар взаимоудаленных ОТ.

На основе этой информации требуется определить области, которые будут детализироваться. Для сокращения объема вычислений все смежные отрезки с взаимоудаленными ОТ в вершинах априорно объединяются в детализируемые области, а изолированные – исключаются из рассмотрения. Область детализации определяется границами сегментов, соответствующие опорные точки которых являются взаимоудаленными.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ НИЗКОТЕДАЛИЗИРОВАННЫХ ОБЛАСТЕЙ

В рамках исследования рассматривался ряд различных тестовых примеров, в частности, ОТ расположены на плоскости. Данный эксперимент проводился с целью общей проверки корректности вычислений и наглядной демонстрации выделения зон детализации. ОТ были расположены в соответствии с рисунком 1.

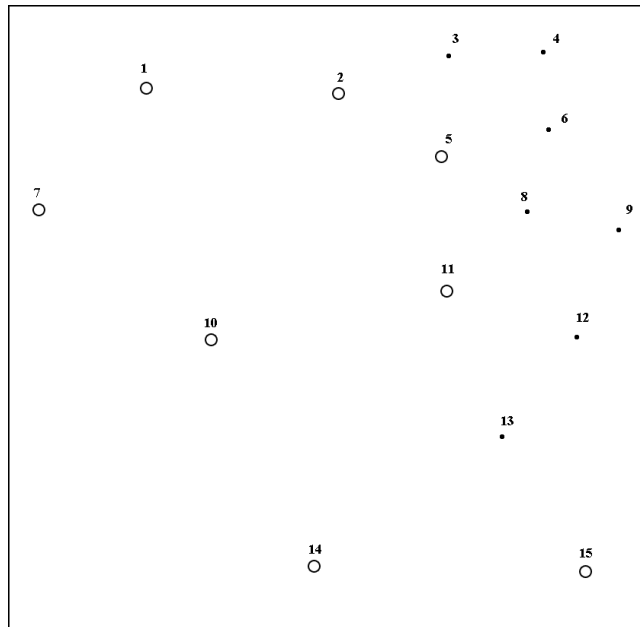


Рисунок 1 – Расположение ОТ на тестовом наборе данных для эксперимента 1

В результате были получены пары взаимоудаленных ОТ, обозначенные на рисунке окружностями.

Второй тестовый пример – ОТ расположены на замкнутой поверхности трехмерного объекта. В соответствии с рисунком 2 экспериментальный набор исходных данных имитирует ОТ замкнутого трехмерного объекта, полученные в результате многоракурсной съемки.

Полученные в результате взаимоудаленные ОТ обозначены на рисунке в виде кубических объектов. Данные ОТ ограничивают область на соответствующих стереопарах, которая должна быть детализирована. Таким образом, результаты экспериментов показывают, что метод позволяет определять области с относительно небольшими плотностями ОТ, потенциально подлежащими детализации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках статьи был рассмотрен метод определения областей с низкой детализацией у трехмерных моделей, который позволяет локально повышать детализацию трехмерных

объектов. Были сформулированы критерий слабой детализации, технология его расчета и пороговые значения, а также способ нахождения области детализации.

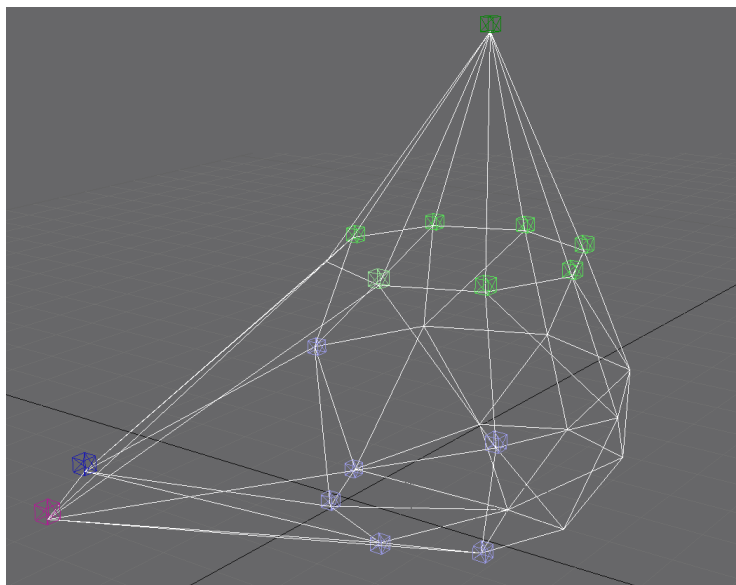


Рисунок 2 – Расположение ОТ на тестовом наборе данных для эксперимента 3

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Biljecki F. and other. Formalisation of the level of detail in 3D city modelling / F. Biljecki, H. Ledoux, J. Stoter, J. Zhao // Computers, environment and urban systems, 2014. – № 48(1). – P. 1-15.
2. Shreiner D. and other. OpenGL programming guide: the official guide to learning OpenGL, version 4.3 / D. Shreiner, G. Sellers, J. Kessenich, B. Licea-Kane // Addison-Wesley Professional, 2013. – 984 p.
3. Архипов О.П., Маньяков Ю.А., Сиротинин Д.О. Метод генерации виртуальной сетки опорных точек на цветных изображениях // Информационные технологии в науке, образовании и производстве. – ИТНОП, 2012: материалы V-й Международной научно-технической конференции, 17-18 мая 2012. – Орел: «Госуниверситет – УНПК».
4. Маньяков Ю.А. Технология регистрации поведения объектов в трехмерном пространстве // Информационные технологии в науке, образовании и производстве. – ИТНОП, 2010: материалы IV-й Международной научно-технической конференции, 22-23 апреля 2010 г. – В 5-ти т. – Т. 3. – Орел: ОрелГТУ, 2010. – С. 182-186.
5. Архипов О.П., Маньяков Ю.А., Сиротинин Д.О. Информационная модель технологии представления натурального объекта и изменения его пространственного положения // Информатика и ее применения, 2014. – Т. 8. – Вып. 1. – С. 71-76.

Архипов Олег Петрович

Орловский филиал Института проблем информатики ФИЦ ИУ РАН, г. Орел
Кандидат технических наук, директор
Тел.: 8 (4862) 33-57-41
E-mail: ofran@orel.ru

Маньяков Юрий Анатольевич

Орловский филиал Института проблем информатики ФИЦ ИУ РАН, г. Орел
Кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории 02
Тел.: 8 (4862) 33-72-55
E-mail: maniakov_yuri@mail.ru

O.P. ARXIPOV (*Candidate of Engineering Sciences, Director*)

Yu.A. MAN'YaKOV (Candidate of Engineering Sciences, Senior Researcher of Laboratory 02)
Orel Branch of the Institute Of Informatics Problems of the Russian Academy of Sciences (IPI RAN)

METHOD OF 3D-MODEL LOW-DETAILED AREAS DETERMINATION

The determination method of 3D model low-detailed areas is described in this article. This method is a part of increasing level of detail process and allows determining low-detailed zones on the 3D models. The article represents increasing detail level criteria and its threshold value calculation method. In addition, the determination of low-detail areas is shown. Also the results of experiments based on generated test data are presented.

Keywords: 3D-reconstruction; detail level; 3D-model.

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Biljecki F. and other. Formalisation of the level of detail in 3D city modelling / F. Biljecki, H. Ledoux, J. Stoter, J. Zhao // Computers, environment and urban systems, 2014. – № 48(1). – P. 1-15.
2. Shreiner D. and other. OpenGL programming guide: the official guide to learning OpenGL, version 4.3 / D. Shreiner, G. Sellers, J. Kessenich, B. Licea-Kane // Addison-Wesley Professional, 2013. – 984 p.
3. Arxipov O.P., Man'yakov Yu.A., Sirotinin D.O. Metod generacii virtual'noj setki oporny'x toчек na cvetny'x izobrazheniyax // Informacionny'e tekhnologii v nauke, obrazovanii i proizvodstve. – ITNOP, 2012: materialy' V-j Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii, 17-18 maya 2012. – Orel: «Gosuniversitet – UNPK».
4. Man'yakov Yu.A. Tekhnologiya registracii povedeniya ob'ektov v trexmernom prostranstve // Informacionny'e tekhnologii v nauke, obrazovanii i proizvodstve. – ITNOP, 2010: materialy' IV-j Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii, 22-23 aprelya 2010 g. – V 5-ti t. – T. 3. – Orel: OrelGTU, 2010. – S. 182-186.
5. Arxipov O.P., Man'yakov Yu.A., Sirotinin D.O. Informacionnaya model' tekhnologii predstavleniya naturного ob'ekta i izmeneniya ego prostranstvennogo polozheniya // Informatika i ee primeneniya, 2014. – T. 8. – Vy'p. 1. – S. 71-76.

УДК 681.3.063

О.А. ИВАЩУК, И.С. КОНСТАНТИНОВ, Д.А. КВАНИН

СИТУАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИ УПРАВЛЕНИИ БИОТЕХНОСФЕРОЙ ТЕРРИТОРИЙ ГОРОДСКИХ АГЛОМЕРАЦИЙ

В статье рассматривается метод комплексной оценки текущей и прогнозной экологической ситуации на территориях городских агломераций по совокупному состоянию основных компонентов биотехносферы данной территории: природной и техногенной подсистем. Для реализации данного метода на базе аппарата нечеткой логики и ГИС-технологий разработаны соответствующие ситуационные модели.

Ключевые слова: ситуационное моделирование; экологическая ситуация; комплексная оценка и прогнозирование; лингвистическая переменная; нечеткая логика.

ВВЕДЕНИЕ

В последние десятилетия на современных территориях городских агломераций под влиянием расширяющейся застройки и активного развития промышленно-территориальных кластеров постоянно происходит техногенная трансформация биосферы и быстрое развитие биотехносферы. Для последней характерно структурно-функциональное единство природных, технических и социальных факторов, при этом ее состояние определяет формирование и развитие определенной экологической ситуации на рассматриваемой территории [1, 2].

Управление биотехносферой развивающихся городских агломераций – это управление сложной динамичной системой, состояние которой характеризуется как количественными, так и качественными параметрами, множественными и неоднородными исходными данными, а для принятия управленческих решений необходимо учитывать слабоформализуемые понятия и разнородные данные о состоянии объекта управления и внешней среды. При таких условиях наиболее рациональным является построение интеллектуальной системы управления, в которой управленческие решения формируются на основе интеллектуального анализа данных: извлечении и представлении знаний об объекте управления и других подсистемах, механизмах их взаимодействия между собой и с внешней средой; модельной оценки состояния объекта управления и способов управления им на уровне математических и логико-лингвистических моделей; использовании обучения, обобщения и классификации при построении сценариев управления по текущим экологическим ситуациям [3].

Исходя из вышесказанного, сегодня актуальной научной задачей является разработка комплекса методов, моделей и алгоритмов, актуализирующих функционирование интеллектуальных систем управления биотехносферой территорий городских агломераций, в том числе с использованием ситуационного подхода и ситуационного моделирования.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Анализ, результаты которого приведены в статьях [1, 2], показал: ключевым объектом ситуационного моделирования при управлении биотехносферой урбанизированной территории является ее экологическая ситуация, которая определяется сложным переплетением различных факторов. Для ее результативного регулирования недостаточно рассматривать окружающую природную среду как состоящую из ряда не связанных друг с другом частей. Необходим комплексный подход. Между тем до последнего времени ни одна из существующих экологических систем и служб наблюдения не была ориентирована на комплексную оценку состояния окружающей среды, информационную поддержку комплексных природоохранных задач. Анализ и оценка текущей экологической ситуации

производятся отдельно по каждому из загрязнений с использованием в качестве показателей относительных уровней загрязнения (в долях предельно допустимых концентраций, уровней воздействия и др.). Комплексность в основном рассматривается с точки зрения возможной суммации загрязнителей одной природной компоненты, например, для атмосферного воздуха – это суммация CO , NO_x и SO_2 . Такое положение приводит к малоэффективным результатам как при планировании и реализации природоохранных мероприятий, так и при ликвидации последствий экологических аварий и катастроф.

Также следует учитывать изменения параметров техногенной и социальной подсистем состояния биотехносферы [2], которые, во-первых, непосредственно участвуют в формировании той или иной экологической ситуации, а, во-вторых, параметры их состояния определяют уровень социально-экономического развития рассматриваемой территории. Данный подход имеет большое значение при выборе рационального сценария управления из множества предоставляемых альтернатив.

Измерительных приборов, позволяющих дать точную интегральную оценку состояния экологической ситуации как характеристики совокупного состояния биотехносферы рассматриваемой территории, не существует. Такая оценка может быть осуществлена только качественно и выражена с использованием естественного языка и лингвистической переменной, принимающей значения в виде «благоприятная», «неблагоприятная», «удовлетворительное», «неудовлетворительное» и др. [4-6]

При комплексном подходе на начальном этапе для оперативного принятия решений о необходимости регулирования экологической ситуации лицам, принимающим решения (ЛПР), будет достаточно получить такую качественную оценку, как «Экологическая ситуация – «неблагоприятная». Это аналог сигнальной лапочки. На данном уровне ЛПР конкретно не знает причину и уровень негативных изменений в природной среде, но имеет сигнал о том, что необходимо формирование сценариев управления.

На основании вышеизложенного, экологическую ситуацию, сложившуюся или прогнозируемую при изменении параметров биотехносферы, будем описывать лингвистической переменной «Экологическая ситуация», заданной в виде:

$$\{EcSit, T, ES, G, H\}, \quad (1)$$

где $EcSit$ – имя рассматриваемой переменной [2]; T – базовое терм-множество; ES – набор количественных характеристик, на основании которых возможно определить принадлежность $EcSit$ к значениям, входящим в T ; G – множество синтаксических правил для образования имен новых значений $EcSit$, не входящих в базовое терм-множество (например, «очень неблагоприятная», «более-менее благоприятная»); H – математические правила, позволяющие преобразовать новое имя, образованное G , в нечеткую переменную, а именно – задать вид функции принадлежности.

Размерность базового терм-множества определяет выбранную точность оценки. Минимальная точность комплексной качественной оценки экологической ситуации на территории городской агломерации определяется двумя основными термами: T_1 = «благоприятная», T' = «неблагоприятная». Общее число термов в базовом множестве для достаточной дифференциации оценки определим равным 5:

$$T = \{T_1, T'\} = \{T_1, T_2, T_3, T_4, T_5\}, \quad (2)$$

где

T_2 = «относительно напряженная». Такая оценка экологической ситуации на территории городской агломерации дается в случае, когда состояние природной подсистемы характеризуется отклонением от нормативов, но эти отклонения не являются устойчивыми; при этом состояние технической подсистемы с точки зрения экологической безопасности не требует реализации долгосрочных (стратегических) или среднесрочных (тактических) решений;

T_3 = «напряженная». Такая оценка дается в нескольких случаях:

– состояние природной подсистемы характеризуется отклонением от нормативов с возникновением устойчивых экологически опасных зон, при этом состояние технической подсистемы с точки зрения экологической безопасности не требует реализации долгосрочных (стратегических) или среднесрочных (тактических) решений;

– отклонения от нормативов выбранных для контроля показателей качества рассматриваемых компонентов природной среды не являются устойчивыми, при этом состояние технической подсистемы с точки зрения экологической безопасности требует реализации среднесрочных (тактических) решений;

T_4 = «конфликтная». Такая оценка дается в случаях:

– одновременно и состояние природной подсистемы характеризуется отклонением от нормативов с возникновением устойчивых экологически опасных зон, и состояние технической подсистемы требует реализации среднесрочных (тактических) решений;

– состояние природной подсистемы характеризуется отклонением от нормативов всех рассматриваемых компонентов природной среды с возникновением устойчивых экологически опасных зон, при этом состояние технической подсистемы с точки зрения экологической безопасности не требует реализации долгосрочных (стратегических) или среднесрочных (тактических) решений;

– отклонения от нормативов не являются устойчивыми, при этом состояние технической подсистемы требует реализации долгосрочных (стратегических) решений.

T_5 = «кризисная». Такая оценка дается в случае, когда одновременно и состояние природной подсистемы характеризуется отклонением от нормативов выбранных для контроля показателей качества рассматриваемых компонентов природной среды с возникновением устойчивых экологически опасных зон, и состояние технической подсистемы с точки зрения экологической безопасности требует реализации долгосрочных (стратегических) решений.

Для формирования приведенной выше детальной дифференциации терм-множества (2) использовался метод экспертных оценок в форме индивидуального анкетирования и интервьюирования с сохранением анонимности ответов экспертов по отношению друг к другу с целью исключения влияния конформизма и с проведением количественной оценки согласованности суждения экспертов.

Проведенный анализ показывает, что $EcSit$ является составной лингвистической переменной, соответственно, процесс классификации экологической ситуации на территории городской агломерации и детализация базового терм-множества связаны с анализом взаимодействия включенных в состав $EcSit$ частей можно представить, как:

$$EcSit = (EcSit_{PC}, EcSit_{TC}), \quad (3)$$

где $EcSit_{PC}$ – лингвистическая переменная, характеризующая состояние природной подсистемы объекта управления с точки зрения формирования определенной экологической ситуации, оказывающей непосредственное влияние на изменения в природных ландшафтах и здоровье людей; $EcSit_{TC}$ – лингвистическая переменная, характеризующая состояние техногенной подсистемы объекта управления.

Более того, необходима дальнейшая детализация введенных переменных:

$$\begin{aligned} EcSit_{PC} &= (EcSit_{PC1}, EcSit_{PC2}, \dots, EcSit_{PCi}, \dots, EcSit_{PCl}), i = \overline{1, l}, \\ EcSit_{TC} &= (EcSit_{TC1}, EcSit_{TC2}, \dots, EcSit_{TCi}, \dots, EcSit_{TCj}), j = \overline{1, j}, \end{aligned} \quad (4)$$

При детализации параметров состояния природной необходимо соблюдение следующих требований:

– выбор тех компонентов природной среды, которые наиболее подвержены негативному воздействию на рассматриваемой территории;

– выбор в качестве показателей качества тех параметров, которые отражают поведение химических загрязняющих веществ и (или) физических видов загрязнения,

представляющих наибольшую опасность для населения данной местности в силу больших объемов их выделения, токсичных свойств, особенностей переноса, способности накапливаться, устойчивости к разрушению.

При детализации параметров техногенной составляющей биотехносферы территории городской агломерации необходимо соблюдение следующих требований:

- выбор тех элементов техногенного комплекса, параметры которых оказывают значительное влияние на формирование экологической ситуации;
- выбор в качестве показателей состояния техногенных объектов тех, которые являются реально управляемыми.

Аналогично (1) введем описание лингвистических переменных $EcSit_{ПС}$ и $EcSit_{ТС}$:

$$\begin{aligned} &\{EcSit_{ПС}, T_{ПС}, ES_{ПС}, G_{ПС}, H_{ПС}\}, \\ &\{EcSit_{ТС}, T_{ТС}, ES_{ТС}, G_{ТС}, H_{ТС}\}. \end{aligned} \quad (5)$$

где $T_{ПС}$ и $T_{ТС}$ – базовые терм-множества, которые задают значения лингвистических переменных $EcSit_{ПС}$ и $EcSit_{ТС}$ соответственно; $T_{ПС}$ – нечеткая переменная на числовом множестве $ES_{ПС}$, к элементам которого относятся параметры состояния природной подсистемы; $T_{ТС}$ – на $ES_{ТС}$, к элементам которого относятся параметры состояния техногенной подсистемы с точки зрения экологической безопасности. Минимальная точность оценки определяется двумя основными терминами:

$$\begin{aligned} T_{ПС1} &= \text{«удовлетворительное»}, T_{ПС1} = \text{«удовлетворительное»}, \\ T'_{ПС} &= \text{«неудовлетворительное»}, T'_{ТС} = \text{«неудовлетворительное»}. \end{aligned}$$

В результате процесс классификации $EcSit$ разбивается на анализ взаимодействия ряда частей, которые будут включены в состав лингвистической переменной «Экологическая ситуация», что позволит сформировать зависимость результата от комбинаций элементов данной переменной (синтезировать результат).

Для задания веденных многомерных зависимостей строятся соответствующие наборы условных правил логического вывода «если «набор условий», то «вывод». Это совокупность соответствующих предикатных правил вида, например, для $EcSit$:

$$\begin{aligned} &\text{если } (EcSit_{ПС} \text{ есть } T_{ПС1}) \text{ и } (EcSit_{ТС} \text{ есть } T_{ТС1}) \\ &\text{или } (EcSit_{ПС} \text{ есть } T_{ПСn}) \text{ и } (EcSit_{ТС} \text{ есть } T_{ТСm}) \\ &\quad \dots \\ &\text{то } EcSit \text{ есть } T_l, \end{aligned} \quad (6)$$

где $T_{ПСn}$ ($n = \overline{1, N}$) и $T_{ТСm}$ ($m = \overline{1, M}$) – нечеткие термы, которыми оцениваются лингвистические переменные $EcSit_{ПС}$ и $EcSit_{ТС}$ соответственно, $T_{ПСn} \in T_{ПС}$, $T_{ТСm} \in T_{ТС}$; $EcSit = T_l$ ($l = \overline{1, L}$) – значения, полученные на основе правил нечеткого логического вывода.

Так как лингвистические переменные $EcSit_{ПС}$ и $EcSit_{ТС}$ – также составные, и для них строится условный набор правил, аналогично (6).

Каждому численному значению множеств $ES_{ПС}$, $ES_{ТС}$ (экспериментально измеренному или спрогнозированному с применением специально разработанных математических моделей), ставится в соответствие степень принадлежности к терму $T_{ПСn}$ или $T_{ТСm}$ согласно заданным определенным образом функциям принадлежности $\mu_{T_{ПСn}}$ и $\mu_{T_{ТСm}}$. Заключение правил о принадлежности сложившейся (или прогнозируемой) экологической ситуации к определенному терму T_l также осуществляются согласно заданным функциям принадлежности $\mu_{T_1}, \mu_{T_2}, \dots, \mu_{T_L}$.

В данной работе в качестве результирующей оценки экологической ситуации на рассматриваемой территории (значения $EcSit$) определяется степень принадлежности к определенному уровню балльной шкалы $ES = \{1, 2, 3, 4, 5\}$. Численно данная степень принадлежности, как указано выше, выражается значением функции принадлежности. При построении функций принадлежности $\mu_{T_{ПСn}}$, $\mu_{T_{ТСm}}$ и μ_{T_l} следует использовать обобщенные

знания и опыт экспертов – специалистов в предметной области, данные официальной статистики и специально организованного мониторинга и результаты их научного анализа, нормативные документы (СанНиПы, СНиПы и т.п.). На данной основе определяется вид и параметры соответствующих функций принадлежности. Например: модальное значение треугольной функции принадлежности определяется экспертными знаниями значения, наиболее характерного для данной лингвистической переменной; линейная часть трапецевидной функции принадлежности определяется значениями, одинаково влияющими на формирование той или иной ситуации; гауссову функцию принадлежности рационально применять в том случае, когда очень сомнительно отнести определенное значение к определенной группе, на которые разбивается лингвистическая переменная. Для осуществления логического вывода на основе аппарата нечеткой логики могут использоваться различные алгоритмы – Mamdani, Tsukamoto, Sugeno, Larsen, которые базируются на четырех основных этапах: введение нечеткости, логический вывод, композиция, приведение к четкости [7].

Следует отметить, что предоставление полученной с помощью инструментального мониторинга и компьютерного моделирования экоинформации (для ЛПР, а также СМИ и широких масс населения) непосредственно связано с визуализацией и пространственным анализом данных. При этом наиболее оптимальным является использование геоинформационных технологий (ГИС-технологий) вследствие того, что результаты экомониторинга всегда имеют географическую привязку. В данной работе предлагается формирование ГИС слоев для разработки электронных карт, отражающих комплексную оценку экологической ситуации на рассматриваемой локальной урбанизированной территории – как текущей, так и прогнозируемой (при изменении погодных условий и реализации различных сценариев управления). Электронные карты для рассматриваемой территории городской агломерации, которые отображают экологическую ситуацию (при конкретных параметрах внешнего воздействия, в том числе фоновое загрязнение), соответствующую соблюдению всех параметров санитарно-гигиенических и строительных норм и правил, – это компьютерные модели благоприятной экологической ситуации. Выделение на электронных картах областей, в которых наблюдаются разного уровня отклонения от «благоприятной» экологической ситуации, т.е. появление характеристик «относительно напряженная», «напряженная», «конфликтная» или «кризисная», – это компьютерные модели неблагоприятной экологической ситуации. Каждой подобной модели соответствуют более детальные компьютерные модели.

На рисунке 1 показан пример проведения комплексной оценкой экологической ситуации локальной жилой территории г. Белгорода на основе специально разработанной ситуационной модели с применением аппарата нечеткой логики в синтезе с ГИС.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработан метод ситуационного моделирования и реализующие его модели комплексной оценки текущей и прогнозной экологической ситуации на территории городской агломерации, обеспечивающие возможность эффективного функционирования интеллектуальной системы управления биотехносферой данных территорий. Ситуационные модели построены на базе использования лингвистических переменных и аппарата нечеткой логики; они позволяют оценить динамику состояния биотехносферы в зависимости от изменения совокупного состояния ее основных компонентов – природной и техногенной подсистем. Результат комплексной модельной оценки выдается в качественном виде с присвоением определенного балла (с некоторой степенью принадлежности). Также данный результат отображается на электронной карте.

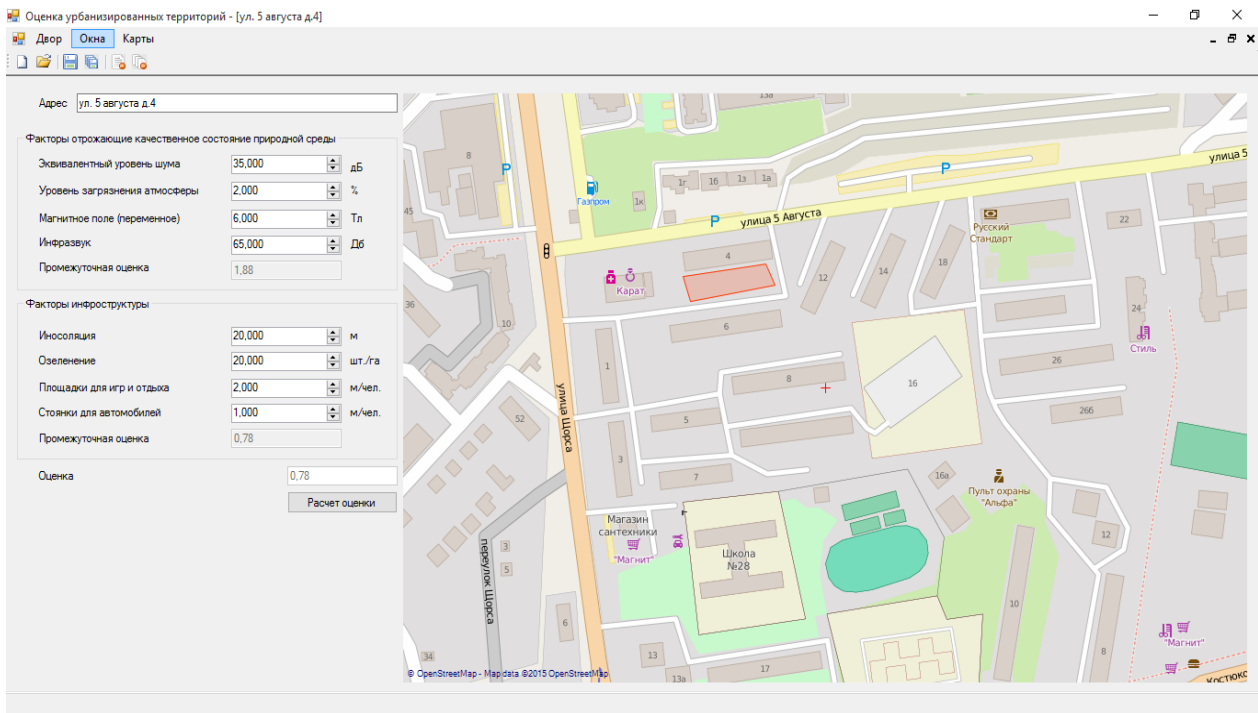


Рисунок 1 – Результат ситуационного моделирования с комплексной оценкой экологической ситуации локальной жилой территории г. Белгорода (сентябрь 2015 г.)

Работа выполнена в рамках исполнения проекта РФФИ № 14-41-08055 «Исследование и разработка распределенной автоматизированной системы интеллектуального экомониторинга и управления экологической безопасностью городских территориальных агломераций».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иващук О.А., Кванин Д.А. Автоматизированное управление экологической безопасностью локальных городских территорий // Информационные системы и технологии, 2014. – № 4(84). – С. 62-68.
2. Иващук О.А. и др. Ситуационное моделирование в автоматизированных системах мониторинга и управления экологической безопасностью / О.А. Иващук, О.Д. Иващук, В.И. Федоров, Д.А. Кванин // Информационные системы и технологии, 2015. – № 2(88). – С. 57-64.
3. Поспелов Д.А. Ситуационное управление: теория и практика. – М.: Наука. – Главная редакция физико-математической литературы, 1986. – 288 с.
4. Ivashchuk O.A. and other. Approaches to the Solution of Tasks on Decision Support by Managing the Environmental Safety of the Local Urban Areas / O.A. Ivashchuk, I.S. Konstantinov, O.D. Ivashchuk, V.L. Kurbatov // Research Journal of Applied Sciences, 2014. – № 9(11). – P. 725-727.
5. Ivashchuk O.A., Ivashchuk O.D. Automation and Intellectualization to Control the Ecological Situation in the Urbanized Territories. In the Proceedings of the 2013 IEEE 7th International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems (IDAACS). – V. 2. – P. 814-820.
6. Ivashchuk O.A. and other. Research in the Field of Automated Environmental Safety Control for Industrial and Regional Clusters / Ivashchuk O.A., Konstantinov I.S., Lazarev S.A., Fedorov V.I. // International Journal of Applied Engineering Research, 2014. – V. 9. – № 22. – P. 16813-16820.
7. Оссовский С. Нейронные сети для обработки информации; перевод с польского И.Д. Руденского. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 344 с.

Ивашук Ольга Александровна

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

Доктор технических наук, профессор кафедры информационных систем

E-mail: olga.ivashuk@mail.ru

Константинов Игорь Сергеевич

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

Доктор технических наук, профессор кафедры математического и программного обеспечения информационных систем

Кванин Денис Александрович

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

Аспирант

O.A. IVASHHUK (Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Department of Information Systems)

*I.S. KONSTANTINOV (Doctor of Engineering Sciences,
Professor of the Department of Mathematical and Software Information Systems)*

*D.A. KVANIN (Post-graduate Student)
Belgorod National Research University*

SITUATIONAL MODELING IN MANAGEMENT OF BIOTECHNOSPHERE OF TERRITORIES OF URBAN AGGLOMERATIONS

In article the method of a complex assessment of the current and expected ecological situation in the territories of city agglomerations on a cumulative status of principal components of a biotechnosphere (natural and technogenic subsystems) is considered. The appropriate situation-dependent models are developed for implementation of this method on the basis of the device of fuzzy logic and GIS-technologies.

Keywords: *situation-dependent simulation; ecological situation; complex assessment and prediction; linguistic variable; fuzzy logic.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Ivashhuk O.A., Kvanin D.A. Avtomatizirovannoe upravlenie e'kologicheskoy bezopasnost'yu lokal'ny'x gorodskix territorij // Informacionny'e sistemy' i texnologii, 2014. – № 4(84). – S. 62-68.
2. Ivashhuk O.A. i dr. Situacionnoe modelirovanie v avtomatizirovanny'x sistemax monitoringa i upravleniya e'kologicheskoy bezopasnost'yu / O.A. Ivashhuk, O.D. Ivashhuk, V.I. Fedorov, D.A. Kvanin // Informacionny'e sistemy' i texnologii, 2015. – № 2(88). – S. 57-64.
3. Pospelov D.A. Situacionnoe upravlenie: teoriya i praktika. – M.: Nauka. – Glavnaya redakciya fiziko-matematicheskoy literatury', 1986. – 288 s.
4. Ivashchuk O.A. and other. Approaches to the Solution of Tasks on Decision Support by Managing the Environmental Safety of the Local Urban Areas / O.A. Ivashchuk, I.S. Konstantinov, O.D. Ivashchuk, V.L. Kurbatov // Research Journal of Applied Sciences, 2014. – № 9(11). – P. 725-727.
5. Ivashchuk O.A., Ivashchuk O.D. Automation and Intellectualization to Control the Ecological Situation in the Urbanized Territories. In the Proceedings of the 2013 IEEE 7th Inter-national Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems (IDAACS). – V. 2. – P. 814-820.
6. Ivashchuk O.A. and other. Research in the Field of Automated Environmental Safety Control for Industrial and Regional Clusters / Ivashchuk O.A., Konstantinov I.S., Lazarev S.A., Fedorov V.I. // International Journal of Applied Engineering Research, 2014. – V. 9. – № 22. – P. 16813-16820.
7. Ossovskij S. Nejronny'e seti dlya obrabotki informacii; perevod s pol'skogo I.D. Rudenskogo. – M.: Finansy' i statistika, 2004. – 344 s.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АГЕНТА В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ

В статье рассматривается круг вопросов, связанных с представлением когнитивных структур и процессов интеллектуального агента. Перед агентами ставится задача поиска объектов на двумерной сетке. Расположение объектов частично структурировано, что создает неопределенность среды с точки зрения агента. Каждый агент имеет карту, на которой отражается имеющаяся в его распоряжении информация о расположении объектов, и различные алгоритмы поиска. Эксперимент ставит целью оценку изменения скорости поиска в зависимости от степени неопределенности внешней среды, выражаемой через паттерн расположения объектов на сетке.

Ключевые слова: интеллектуальный агент; модели когнитивных процессов; агент-ориентированная модель.

ВВЕДЕНИЕ

Понятие «мультиагентная система» возникло в процессе развития систем искусственного интеллекта и предполагает, что входящие в ее состав агенты способны самостоятельно действовать и кооперироваться между собой [1]. Автономные агенты позволяют существенно повысить производительность работы при решении тех задач, в которых на человека возлагается основная нагрузка по координации различных действий. Так, например, могут использоваться в качестве персональных секретарей, управляющих личными счетами, ассистентов, отбирающих нужные сведения в сетях с помощью поисковых алгоритмов, планировщиков работ, личных учителей и виртуальных продавцов.

Независимо от данного направления в рамках имитационного моделирования сложных систем была предложена концепция агент-ориентированного моделирования [6, 7, 11]. Данное направление получило развитие в методологии искусственных сообществ (Artificial Society) и имеет целью воспроизведение динамики сложных социально-экономических систем через поведение отдельных действующих субъектов-агентов.

Несмотря на существенные различия мультиагентного подхода в искусственном интеллекте и агент-ориентированного социального моделирования, их объединяет ряд признаков: воспроизведение процесса принятия решения с помощью алгоритмов на ЭВМ, возможность агентов взаимодействовать друг с другом и с окружающей средой (реальной или виртуальной) [8, 10].

Одной из главных проблем в разработке современных агент-ориентированных моделей является интеграция знаний о когнитивных процессах человека, возможностей их формализации и компьютерной реализации с определенными социальными структурами, достаточными для создания среды принятия решений [2, 3]. В данной работе предлагается исследовать влияние когнитивной структуры представлений агента на скорость поиска в условиях неопределенности внешней среды.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Среда модели представлена картой. На карте в соответствии с определенным законом расположены объекты (предположим, фруктовые деревья). Ячейка может быть пустой или содержать один или несколько объектов-деревьев. Агенты генерируются в произвольных местах карты и живут некоторое заранее заданное количество тактов. Считаем, что количество фруктовых деревьев равно количеству агентов. Целью жизни агентов является поиск фруктовых деревьев. Когда агент находит свободное дерево, он остается на этом месте до самой смерти [4, 5]. Каждый агент может воспользоваться плодами только одного дерева,

каждое дерево способно накормить лишь одного агента (связь 1:1). У агента в начале жизни имеется:

- 1) карта среды – пустая сетка;
- 2) координаты своего местоположения на сетке;
- 3) паттерны возможного расположения деревьев;
- 4) правила заполнения карты по паттернам и получаемой информации;
- 5) законы движения по сетке при поиске (в зависимости от паттерна);
- 6) алгоритм поиска кратчайшего пути до заданной ячейки.

Агенту доступна информация лишь о тех ячейках, в которых он побывал. Агент может передвигаться за 1 такт на одну из соседних ячеек (вверх/вниз/влево/вправо/по диагонали). Побывав в ячейке, агент может узнать, что она:

- 1) пустая;
- 2) в ней имеется некоторое количество объектов-деревьев, но все они заняты;
- 3) в ней есть свободные деревья.

Если свободные деревья есть, агент занимает одно из них. Иначе он заносит полученную информацию на свою карту и продолжает поиск. У агента есть несколько (минимум два) паттерна: равномерный, центрированный и др. Для заполнения карты по равномерному паттерну достаточно знать координаты любой заполненной ячейки (в которой есть деревья), и шаг, на который одна заполненная ячейка отстоит от другой. Для заполнения карты по центрированному паттерну необходимо знать радиус заполненной зоны. Задается паттерн по умолчанию, по которому агент начинает поиск.

СТРУКТУРЫ ДАННЫХ И АЛГОРИТМЫ

Для начала опишем общую логику работы модели [4].

На естественном языке ее можно представить следующим образом:

1. Предполагаем, что установлен равномерный паттерн.
2. Найти ближайшую заполненную ячейку, двигаясь в соответствии с заданным законом движения. Заносить информацию о пройденных ячейках на карту. Если в процессе поиска было пройдено более 1/6 карты, перейти к пункту 3.
3. Делаем предположение, что паттерн является центрированным и расположен в центре карты. Двигаться к центру карты. Если собранная информация соответствует нормальному паттерну, то перейти к пункту 5, иначе – к пункту 8.
4. Двигаться в соответствии с заданным законом движения до следующей заполненной ячейки. Заносить информацию о пройденных ячейках на карту.
5. Сформировать карту согласно равномерному паттерну, исходя из полученного шага и сведений о заполненных ячейках. Если полученная карта противоречит имеющейся информации, изменить параметры расчета паттерна и повторить попытку.
6. Найти кратчайший путь до ближайшей заполненной ячейки. Двигаться по сетке и заносить информацию о пройденных ячейках на карту. Если получена информация, соответствующая центрированному паттерну, перейти к шагу 7. Если полученная информация противоречит имеющейся карте, изменить параметры расчета паттерна. Информация может считаться противоречивой, если ячейка на карте обозначена пустой, а на самом деле в ней есть деревья; на карте обозначены деревья, а ячейка оказывается пустой. Повторять шаг 6, пока не будет найдено свободное дерево или пока агент не умрет.
7. Предполагаем, что паттерн центрированный.
8. Оставить на карте лишь информацию о пройденных ячейках. Если среди пройденных ячеек есть и заполненные, и пустые, определить радиус центральной зоны и заполнить карту по центрированному паттерну. Если есть информация только о заполненных ячейках, определить предварительный радиус центральной зоны и заполнить карту по нему. Если есть информация только о пустых ячейках, карту не заполнять.
9. Определить кратчайший путь до ближайшей заполненной ячейки. Если карта не была заполнена, то сформировать ее по первой встреченной заполненной ячейке.

Продолжать поиск, пока не будет найдена не занятая ячейка. Если полученная информация противоречит имеющейся карте, изменить параметры расчета паттерна [2, 5].

Блок-схема основной логики программы представлена на рисунке 1.

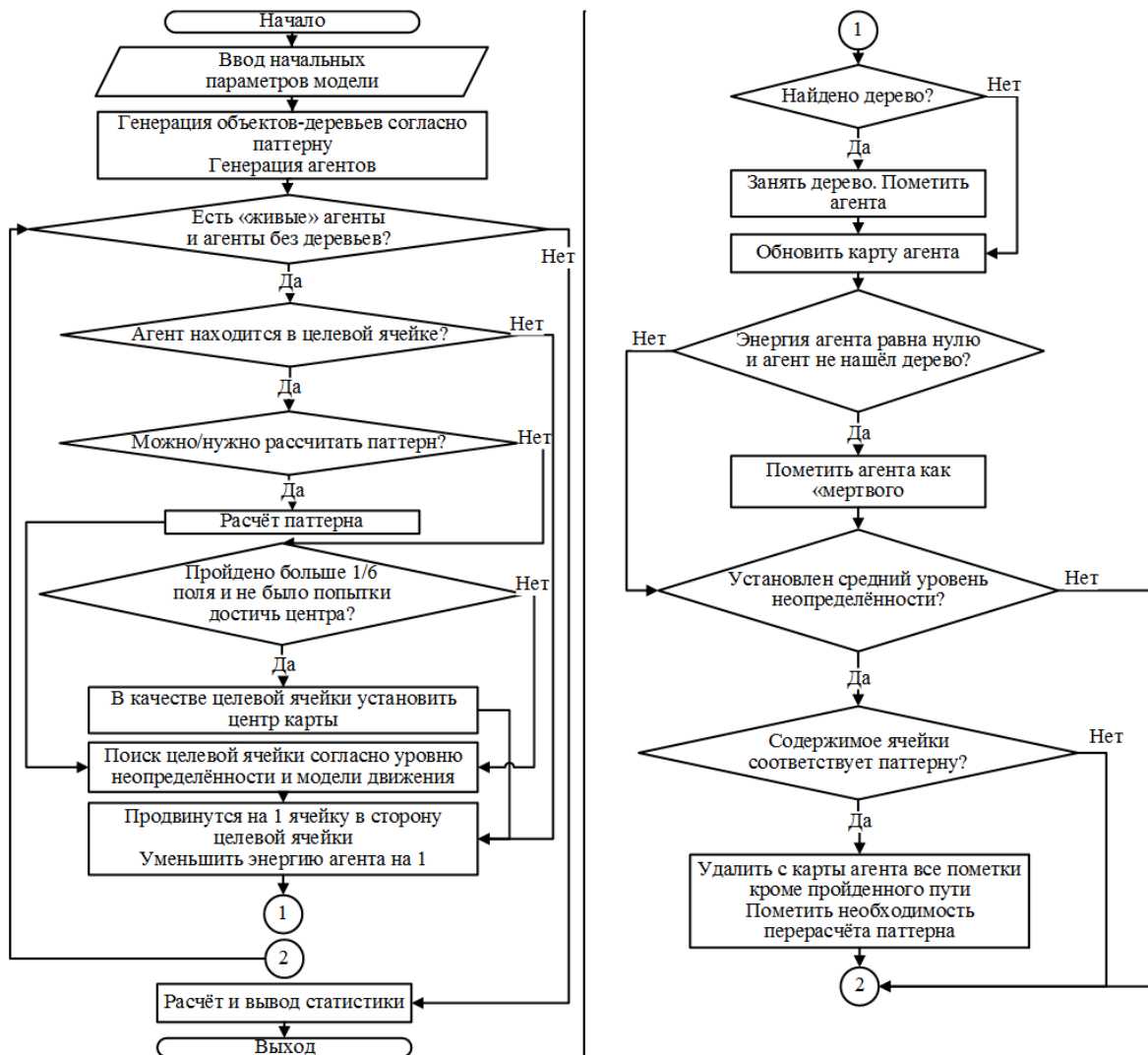


Рисунок 1 – Логика основной программы

В общем виде карту агента можно представить в виде матрицы, в которой отмечены следующие объекты: свободные ячейки, посещенные ячейки, найденные объекты деревья и предполагаемые объекты-деревья [3]. Т.к. язык Logo поддерживает только обычные матрицы с цифровыми значениями элементов, примем следующие обозначения описанных параметров:

- 1) 0 – свободная ячейка;
- 2) num = - (1 + количество объектов-деревьев в ячейке) – посещенные ячейки;
- 3) num, num > 0 – предполагаемое количество объектов-деревьев в ячейке (расставлены согласно рассчитанному паттерну).

Алгоритмы расстановки объектов-деревьев согласно равномерному паттерну и расстановки объектов-деревьев согласно центрированному паттерну являются наиболее простыми и не представляют интереса.

Рассмотрим алгоритмы поиска целевой ячейки для движения согласно заданным моделям движения [4,5].

Алгоритм поиска целевой ячейки для движения согласно случайной модели движения:

1. Установить радиус поиска равным 1.

2. Найти на карте все свободные ячейки в пределах радиуса поиска.

3. Если ничего не было найдено, то увеличить радиус поиска на 1 и вернуться к пункту 2. Иначе перейти к пункту 4.

4. Выбрать случайную ячейку из найденных и сделать ее целевой для движения.

Такой же алгоритм используется при поиске целевой ячейки для движения при известном паттерне, но вместо свободных ячеек идет поиск ячеек, в которых предположительно находятся объекты-деревья. Алгоритм поиска целевой ячейки для движения согласно модели движения по строкам:

1. Если строка полностью пройдена, то перейти к шагу 2. Иначе: выбрать ближайший свободный край (слева или справа от агента) и выбрать целевой свободную ячейку в текущей строке, ближайшую к выбранному краю.

2. Если находимся в крайней нижней или крайней верхней строке, то перейти к шагу 3.

3. Иначе: выбрать ближайший свободный край карты по вертикали (сверху или снизу) и выбрать целевой свободную ячейку в текущем столбце, ближайшую к выбранному краю.

3. Выбрать целевой ближайшую свободную ячейку в текущем столбце.

Наибольший интерес представляет алгоритм стратегии поиска для случая двух паттернов, поэтому рассмотрим его более подробно. Опишем общий вид данного алгоритма на естественном языке:

1. На карте найти все объекты-деревья и поместить их количество и координаты в соответствующие списки (сс – количество объектов-деревьев в ячейке, xx – координаты по x, yy – координаты по y). Если количество объектов-деревьев во всех ячейках одинаково, то перейти к шагу 2, иначе – к шагу 3.

2. Рассчитать параметры нормального паттерна. Перейти к шагу 4.

3. Рассчитать параметры центрированного паттерна.

4. Заполнить карту агента согласно паттерну.

Изначально параметр d равен 1 (первый расчет паттерна), он изменяется, если были найдены противоречия на карте и необходимо пересчитать паттерн.

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ

Для реализации описанной системы моделирования была выбрана среда программирования NetLogo. Среда программирования NetLogo служит для моделирования ситуаций и феноменов, происходящих в природе и обществе. NetLogo удобно использовать для моделирования сложных, развивающихся во времени систем. Создатель модели может давать указания сотням и тысячам независимых «агентов», действующим параллельно. Это открывает возможность для объяснения и понимания связей между поведением отдельных индивидуумов и явлениями, которые происходят на макроуровне. Язык NetLogo достаточно прост и пользователи с разным навыком программирования могут создавать в этой среде свои собственные авторские модели. В то же время это достаточно мощный язык и среда для проведения исследовательских работ. Библиотека NetLogo содержит множество готовых моделей по биологии, математике, химии, социологии. С этими моделями могут ознакомиться и поиграть ученики. Возможности языка достаточно подробно документированы и по NetLogo существует подробное руководство. Язык распространяется вместе с большой библиотекой моделей, которые можно использовать и модифицировать [9].

Кроме описанных ранее алгоритмов, в программу добавлена функция подбора необходимой «смертности» агентов. Она реализована в виде циклического прогона модели с последовательным наращиванием значения начальной энергии агента. Интерфейс программы, созданной в среде NetLogo, позволяет задать все необходимые параметры модели и статистику. Поля для ввода данных находятся в левой части интерфейса, а статистика – в правой.

Параметры модели: тип паттерна, модель движения, степень неопределенности, энергия – стартовое значение энергии агента, s_x – начальная координата x для генерации нормального паттерна, s_y – начальная координата y для генерации нормального паттерна,

d_x – смещение по x для нормального паттерна, d_y – смещение по y для нормального паттерна, $tree-in-patch$ – количество объектов-деревьев в узле для нормального паттерна, c_x – координата центра по x для центрированного паттерна, c_y – координата центра по y для центрированного паттерна, $radius$ – радиус центрированного паттерна, $tree-in-center$ – количество объектов-деревьев в центральной ячейке центрированного паттерна, $max-death$ – максимальное количество «мертвых» агентов, при которых завершится алгоритм поиска минимального значения энергии. Кнопка «Установить» генерирует паттерн и агентов (рис. 2). Кнопка «Начать» запускает полный цикл моделирования. Кнопка «Сделать шаг» совершает один шаг моделирования. Кнопка «Поиск минимального значения энергии» запускает алгоритм поиска минимального количества энергии, необходимого, чтобы при окончании цикла моделирования «мертвых» агентов осталось не более заданного количества.

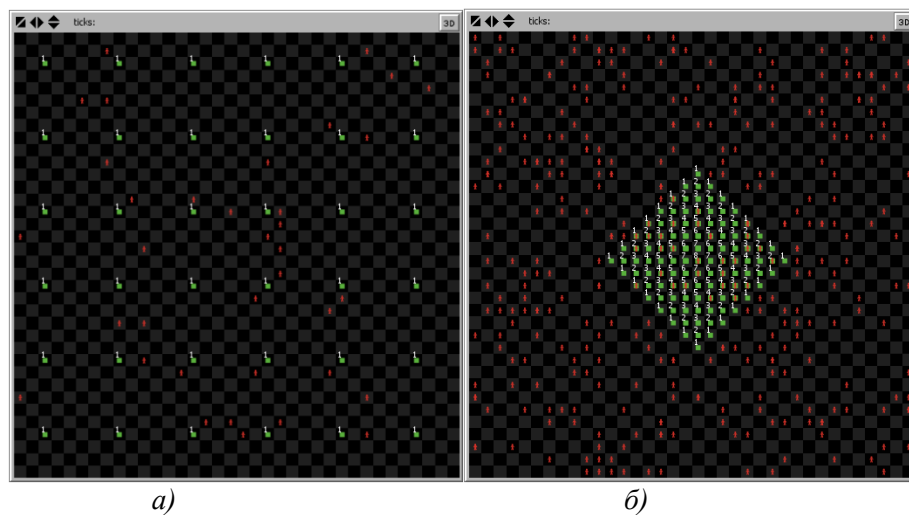


Рисунок 2 – Примеры паттернов а) –равномерный, б) - центрированный

ЭКСПЕРИМЕНТ

Цель моделирования заключается в оценке повышения эффективности поиска при использовании паттернов. В общем случае существует четыре варианта организации поиска в зависимости от имеющейся у агента информации [4, 5]:

1. Максимальная определенность: агенты обладают полной информацией об исходном распределении деревьев и других агентов. Поиск каждого агента максимально эффективен и основывается на предположении, что другие агенты также ищут кратчайший путь. Задача имеет абсолютный оптимум и может решаться методами оптимизации.

2. Высокая определенность: агенты обладают информацией об исходном распределении деревьев и ищут кратчайший путь к ближайшим деревьям. При этом возможен случай, что пока один агент направляется к дереву, другой успеет его занять.

3. Средняя определенность: агенты обладают информацией о размерах сетки и возможных паттернах размещения деревьев.

4. Низкая определенность: агенты не имеют никакой информации, ищут вслепую.

Кроме этого, возможны различные модели передвижения агента по карте – случайное, по вертикали и по горизонтали. Они будут использоваться при поиске с низким уровнем определенности и при первичном поиске при среднем уровне неопределенности.

Основная статистика на выходе [5]:

- среднее время поиска свободного дерева (усредненное по всем агентам);
- среднее время поиска свободного дерева теми агентами, поиск которых оказался в итоге успешным;
- процент агентов, поиск которых оказался успешным.

Значения этих параметров сравниваются для случаев различной определенности (2, 3, 4), делается вывод о влиянии паттернов на успешность поиска. Для случая 3 также оценивается, сколько агентов достигли успеха, обладая неправильным паттерном, по чистой случайности.

После проведения нескольких экспериментов для каждого уровня неопределенности, вида паттерна и модели движения выяснилось, что разброс значений весьма мал, поэтому в итоговую таблицу занесем данные только по одному из прогонов – этого будет достаточно для сравнения алгоритмов. Полученные данные представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные характеристики эффективности поиска при различных паттернах расположения объектов

Параметры \ Определенность	Низкая			Средняя			Высокая
	Случайное	По строкам	По столбцам	Случайное	По строкам	По столбцам	
Нормальный паттерн							
SD_A	1.67	2.28	2.42	2.19	2.97	3.64	4.14
SD_y	1.28	1.94	1.97	1.7	2.56	2.93	3.4
SP_A	46.8 6	91.8 1	94.86	38.83	86.78	90.11	21.67
SP_y	30.2 5	76.9 7	75.5	30	73.25	68.83	16.6
Процент «мертвых» агентов	11.1 1	8.33	11.11	11.11	11.11	16.67	2.78
Доля агентов с точным паттерном	-	-	-	0.36	0.39	0.45	-
Центрированный паттерн							
SD_A	7.65	18.3 4	19.24	7.09	12.6	16.41	8.16
SD_y	7.14	17.7 6	18.65	6.1	11.74	16.12	6.6
SP_A	225. 2	401	416.6	161.71	174.2	198.4	12.53
SP_y	187. 9	387. 8	407.6	151.26	169.25	191.15	11.3
Процент «мертвых» агентов	7.06	4.71	3.52	7.06	3.53	5.88	3.5
Доля агентов с точным паттерном	-	-	-	0.36	0.46	0.53	-

Поясним собираемую статистику. Успешным считается агент, который смог найти и занять объект-дерево. Введем следующие обозначения:

SD_A , SD_y – среднее количество найденных деревьев (по всем агентам, по успешным агентам);

SP_A , SP_y – средний путь (по всем агентам, по успешным агентам);

H_H , H_y – деревья, найденные неуспешными и успешными агентами;

I_A , I_y – сумма пройденных ячеек (по всем агентам, по успешным агентам);

A_y – количество успешных агентов;

A – общее количество агентов.

Для подсчета статистических показателей используем следующие соотношения:

$$SD_A = \frac{(H_H + H_Y - A_Y)}{A}; SD_Y = \frac{(H_Y - A_Y)}{A}$$

$$SP_A = \frac{I_A}{A}; SP_Y = \frac{I_Y}{A}.$$

При расчете параметров SD_A и SD_Y не учитываются объекты-деревья, занятые агентами в конечном итоге, то есть учитываются только те объекты-деревья, которые встретились агентам по пути к ячейке, в которой они остановились. Данные величины показывают среднее количество объектов-деревьев, найденных агентами в процессе их путешествия. Величины SP_A и SP_Y показывают средний путь, который нужно пройти агентам, чтобы найти свободное дерево. Величина «Доля агентов с точным паттерном» показывает, сколько агентов нашли деревья, предварительно рассчитав паттерн. Она показывает, сколько агентов смогли найти свободное дерево, обладая некоторыми данными о карте, а сколько – не имея существенной информации.

ВЫВОДЫ

Как следует из полученных данных, наиболее эффективным является поиск агентов с когнитивной моделью, содержащей детализированную информацию о карте. Обладая такой информацией, они быстро и эффективно достигают своей цели, однако в реальных задачах такая высокая степень определенности встречается крайне редко.

Наименее эффективной модель показывает себя при низкой определенности. В данном случае агенты тратят больше времени, блуждая по пустым клеткам. В сравнении со средней степенью неопределенности для нормального паттерна длина пройденного пути отличается незначительно, но при центрированном паттерне эти значения отличаются существенно, т.к. появившиеся далеко от центра паттерна агенты тратят значительную часть своего времени на выход из пустой части поля.

Модель со средним уровнем неопределенности является наиболее соответствующей реальным условиям. Она более эффективна, чем модель со средним уровнем неопределенности, но менее эффективна, чем с высоким уровнем неопределенности. Также заметно, что количество агентов, которые достигли своей цели, используя паттерн, в среднем меньше 50% от общего числа агентов. Это говорит о том, что агенту необязательно обладать обширными знаниями о карте, чтобы достичь цели.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Городецкий В.И., Грушинский М.С., Хабалов А.В. Многоагентные системы (обзор) // Новости искусственного интеллекта, 1998. – № 2. – С. 64-116.
2. Машкова А.Л. Интеллектуальный агент в социальной среде: нечеткие оценки и правила принятия решений // Известия ЮЗГУ. Серия «Управление, информатика, вычислительная техника», 2014. – № 3. – С. 12-19.
3. Машкова А.Л. Когнитивная архитектура интеллектуального агента в имитационных моделях социально-экономических явлений // Ученые записки ОГУ. Серия «Гуманитарные и социальные науки», 2014. – № 5. – С. 78-81.
4. Машкова А.Л., Кононов Н.С. Алгоритмическая реализация когнитивных ограничений рациональности интеллектуального агента в экспериментальной вычислительной модели // Международная научно-практическая интернет-конференция «Информационные системы и технологии-2015» [Электронный ресурс]. – URL: <http://youconf.ru/isit2015/materials/manager/view/428> (дата обращения: 19.05.2015).
5. Машкова А.Л., Кононов Н.С. Сравнительный анализ процессов принятия решений интеллектуальными агентами с различными когнитивными ограничениями // Сборник трудов XV международной научной конференции «Интеллектуальный анализ информации ИАИ-2015» им. Таран Т.А. – К.: Просвіта, 2015. – С. 138-145.
6. Cecconi F., Parisi D. Individual versus social survival strategies. Journal of Artificial Societies and Social Simulation, 1998 [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.soc.surrey.ac.uk/JASSS/1/2/1.html>.

7. Epstein J., Axtell R. Growing Artificial Societies: Social Science From the Bottom Up // MIT Press/Brookings Institution, 1996.
8. Gilbert N. When Does Social Simulation Need Cognitive Models? In: Cognition and Multi-Agent Interaction from Cognitive Modeling to Social Simulation // Cambridge University Press, 2006.
9. NetLogo [Электронный ресурс]. – URL: <https://ccl.northwestern.edu/netlogo> (дата обращения: 26.02.2015).
10. Sun R. Prolegomena to Integrating Cognitive Modeling and Social Simulation. In: Cognition and Multi-Agent Interaction from Cognitive Modeling to Social Simulation // Cambridge University Press, 2006.
11. Sun R., Naveh I. Social institution, cognition, and survival: a cognitive–social simulation // Mind & Society, 2007. – № 6. – P. 115-142.

Машкова Александра Леонидовна

ФГБОУ ВО «Приокский государственный университет», г. Орел
Кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные системы»
E-mail: aleks.savina@gmail.com

Кононов Никита Сергеевич

ФГБОУ ВО «Приокский государственный университет», г. Орел
Магистрант
E-mail: proger71@yandex.ru

*A.L. MASHKOVA (Candidate of Engineering Sciences,
Associate Professor of the Department «Information Systems»)*

*N.S. KONONOV (Master Student)
Prioksky State University, Orel*

**MODELING BEHAVIOR OF AN INTELLECTUAL AGENT
UNDER UNCERTAINTY**

The article considers a range of issues related to the representation of cognitive structures and processes of an intellectual agent. The agents are aimed to find objects on a two-dimensional net. Position of the objects is partly structured, which makes the environment uncertain from the agent's point. Each agent has a card, which reflects agent's information about location of searching objects, and different search algorithms. Experiments aim to estimate transformation of search speed depending on the initial pattern of objects' location.

Keywords: *intellectual agent; cognitive model; agent model.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Gorodeckij V.I., Grushinskij M.S., Xabalov A.V. Mnogoagentny'e sistemy' (obzor) // Novosti iskusstvennogo intellekta, 1998. – № 2. – S. 64-116.
2. Mashkova A.L. Intellektual'ny'j agent v social'noj srede: nechetkie ocenki i pravila prinyatiya reshenij // Izvestiya YuZGU. Seriya «Upravlenie, inoformatika, vy'chislitel'naya texnika», 2014. – № 3. – S. 12-19.
3. Mashkova A.L. Kognitivnaya arxitektura intellektual'nogo agenta v imitacionny'x modelyax social'no-e'konomicheskix yavlenij // Ucheny'e zapiski OGU. Seriya «Gumanitarny'e i social'ny'e nauki», 2014. – № 5. – S. 78-81.
4. Mashkova A.L., Kononov N.S. Algoritmicheskaya realizaciya kognitivny'x ogranichenij racional'nosti intellektual'nogo agenta v e'ksperimental'noj vy'chislitel'noj modeli // Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya internet-konferenciya «Informacionny'e sistemy' i texnologii-2015» [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://youconf.ru/isit2015/materials/manager/view/428> (data obrashheniya: 19.05.2015).
5. Mashkova A.L., Kononov N.S. Sravnitel'ny'j analiz processov prinyatiya reshenij intellektual'ny'mi agentami s razlichny'mi kognitivny'mi ogranicheniyami // Sbornik trudov XV mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii «Intellektual'ny'j analiz informacii IAI-2015» im. Taran T.A. – K.: Prosvita, 2015. – S. 138-145.
6. Cecconi F., Parisi D. Individual versus social survival strategies. Journal of Artificial Societies and Social Simulation, 1998 [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.soc.surrey.ac.uk/JASSS/1/2/1.html>.

7. Epstein J., Axtell R. Growing Artificial Societies: Social Science From the Bottom Up // MIT Press/Brookings Institution, 1996.
8. Gilbert N. When Does Social Simulation Need Cognitive Models? In: Cognition and Multi-Agent Interaction from Cognitive Modeling to Social Simulation // Cambridge University Press, 2006.
9. NetLogo [Elektronnyj resurs]. – URL: <https://ccl.northwestern.edu/netlogo> (data obrashheniya: 26.02.2015).
10. Sun R. Prolegomena to Integrating Cognitive Modeling and Social Simulation. In: Cognition and Multi-Agent Interaction from Cognitive Modeling to Social Simulation // Cambridge University Press, 2006.
11. Sun R., Naveh I. Social institution, cognition, and survival: a cognitive–social simulation // Mind & Society, 2007. – № 6. – P. 115-142.

УДК 007.3

М.С. БОНДАРЧУК

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССА ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОВЕРОЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ОСНОВЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИОРИТЕТНОСТИ ПРОВЕРОК

Цель статьи заключается в рассмотрении вопросов, связанных с повышением качества планирования проверочной деятельности, эффективности распределения человеческих ресурсов на основании использования показателей приоритетности проверок с учетом индивидуальных особенностей подразделений и территориальных признаков.

Ключевые слова: планирование; проверочная деятельность; функциональный процесс; показатели приоритетности; распределение ресурсов.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время проведение проверок рассматривается как одна из основных форм оценки и повышения эффективности работы любой организации. Применение подхода к планированию проверок, исходя только из необходимости соблюдения сроков периодичности проверок без учета реально складывающейся обстановки в организациях и их подразделениях, не всегда позволяет достичь требуемого положительного эффекта. Особенно это актуально при децентрализованном способе планирования проверок. В данных условиях, как показывает практика, отдельные подразделения крупных организаций могут проверяться несколько раз в год, а другие оставаться вне зоны внимания контролирующего органа. Учитывая, что длительность проверок может достигать нескольких недель в зависимости от масштабов решаемых задач, то вполне очевиден значительный отрыв сотрудников проверяемых подразделений от решения задач по предназначению.

Необходимо организовать процесс планирования таким образом, чтобы проверки охватили максимальное число нуждающихся в контроле подразделений, а эффективное распределение человеческих ресурсов позволило качественно и в срок осуществить все запланированные мероприятия.

ПОКАЗАТЕЛИ ПРИОРИТЕТНОСТИ ПРОВЕРОК КАК ОСНОВА ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОВЕРОЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

С целью нивелирования возможных негативных последствий частых проверок подразделений предлагается осуществлять планирование проверок на основе следующих принципов:

- обязательный учет состояния дел и имеющихся недостатков в деятельности организации и времени, прошедшего с момента проведения последней плановой проверки;
- централизация планирования.

Для реализации первого принципа предлагается организовать планирование на основе обобщенного показателя приоритетности проверок (P), ежегодно рассчитываемого для каждого подотчетного подразделения на основе частных показателей приоритетности проверочной деятельности [1].

В качестве частных показателей приоритетности проверочной деятельности определены:

k_{gotov} – показатель готовности подразделения к выполнению задач;

k_{nedost} – показатель значимости имеющихся недостатков, учитывающий наличие недостатков в служебной и иных видах деятельности и их значимость;

k_{meropr} – показатель степени устранения выявленных недостатков, учитывающий результативность мероприятий, проведенных с целью устранения недостатков, выявленных в ходе предшествующих проверок;

k_{period} – показатель периодичности проверки, учитывающий временной интервал от последней прошедшей плановой проверки.

Значения показателей k_{gotov} , k_{nedost} , k_{meropr} нормируются по шкале от нуля до единицы, при этом для каждого показателя:

$$k_{gotov} \in [0;1],$$

где $k_{gotovmax} = 1$ – максимальная оценка готовности подразделения к выполнению боевых задач; $k_{gotovmin} = 0$ – минимальная оценка готовности подразделения к выполнению боевых задач;

$$k_{nedost} \in [0;1],$$

где $k_{nedostmax} = 1$ – недостатки отсутствуют; $k_{nedostmin} = 0$ – недостатки имеют высокий уровень значимости;

$$k_{meropr} \in [0;1],$$

где $k_{meroprmax} = 1$ – максимальная степень результативности мероприятий, проведенных с целью устранения недостатков; $k_{meroprmin} = 0$ – минимальная степень результативности мероприятий, проведенных с целью устранения недостатков.

Показатель k_{period} зависит от сроков между проверками, установленными руководящими документами. Значение k_{period} соответствует времени (количеству лет), прошедшему с момента проверки конкретного подразделения.

Частные показатели k_{gotov} , k_{nedost} , k_{meropr} имеют соответствующие веса (V_{gotov} , V_{nedost} , V_{meropr}), определенные экспертным путем на основе интуитивно-логического анализа и нормированные от нуля до единицы [6]. Веса необходимы для оценки степени значимости показателя при осуществлении служебной деятельности, а также мероприятий по результатам проверок.

Частные показатели приоритетности проверок позволяют выделить ключевые особенности, влияющие на дальнейшее распределение мероприятий контроля. Значения показателей в соответствии с их весовыми характеристиками позволяют оценить реальное состояние дел и имеющихся недостатков в подразделениях. Приведенные выше показатели k_{gotov} , k_{nedost} , k_{meropr} являются базовыми, но могут быть при необходимости дополнены в соответствии со спецификой функционирования той или иной организации.

ОСОБЕННОСТИ ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОВЕРОЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ОСНОВЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИОРИТЕТНОСТИ ПРОВЕРОК

Процесс планирования проверочных мероприятий основывается на оценке подразделения по показателям приоритетности проверок с учетом веса каждого показателя, а также с учетом географического расположения каждого проверяемого подразделения.

Для каждого подразделения рассчитываются весовые коэффициенты, соответствующие каждому показателю (V'_{gotov} , V'_{nedost} , V'_{meropr}):

$$\begin{aligned} V'_{gotov} &= V_{gotov} * k_{gotov}, \\ V'_{nedost} &= V_{nedost} * k_{nedost}, \\ V'_{meropr} &= V_{meropr} * k_{meropr}. \end{aligned}$$

На основании весовых коэффициентов и показателя периодичности проверки высчитывается обобщенный показатель приоритетности проверки (P):

$$P = \frac{V'_{gotov} + V'_{nedost} + V'_{meropr}}{k_{period}}.$$

Таким образом, обобщенный показатель приоритетности проверки отражает реальное состояние дел в подразделении на основании вклада каждого частного показателя и в зависимости от срока, прошедшего с момента последней проверки [3].

В результате для всех подразделений получаем множество обобщенных показателей проверки

$$\{P_n\}, n = \overline{1, N},$$

где N – количество проверяемых подразделений.

В дальнейшем с целью рационализации расходования финансовых средств и задействования проверяющих предлагается сгруппировать подразделения в подмножества по территориальному признаку с использованием иерархического кластерного анализа, решающего задачу классификации. Существуют различные методы иерархического кластерного анализа: метод одиночной, полной, средней связи. Метод средней связи занимает промежуточное положение относительно крайностей методов одиночной и полной связи и дает более точные результаты классификации. При этом каждому подразделению назначаются условные координаты (x, y) , а группировка осуществляется с помощью метода средней связи кластерного анализа с последующим построением дендрограммы, что обеспечит высокую точность результатов классификации [5]. Для этого вычисляется расстояние между каждым объектом из одного кластера и каждым объектом из другого кластера как расстояние между точками на плоскости (1) и высчитывается его среднее арифметическое значение.

$$S_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}, \text{ где } i, j \in N. \quad (1)$$

Новый объект попадает в кластер, если среднее расстояние от него до объектов кластера не превышает определенный радиус охвата (R).

Пусть k_{terr} – количество групп, состоящих из подразделений, объединенных на основе географического расположения. Тогда в результате кластерного анализа будут сформированы подмножества:

$$\{\{P_{n1}\}, \{P_{n2}\}, \dots, \{P_{nk_{terr}}\}\}.$$

В пределах каждого подмножества высчитывается среднее арифметическое значение для обобщенного показателя приоритетности проверки (P_{avrg}). На основании $\{P_{avrg}\}$ выполняется сортировка подмножеств подразделений по возрастанию и формируется перечень подразделений, включаемых в план проверки [2].

Исходя из количества личного состава проверяющего органа (l), а также из количества сотрудников, задействованных в каждом выезде на проверку, определяется число подмножеств подразделений, которые возможно проверить за требуемый временной интервал (T). При этом:

– если суммарное время (t), затрачиваемое на проверку всех подмножеств, превышает требуемый временной интервал (T), необходимо сократить его, выполняя по несколько проверок одновременно за счет увеличения личного состава проверяющего органа, задействованного одновременно, при этом количество одновременно задействованных сотрудников не должно превышать l ;

– если количество личного состава проверяющего органа не позволяет выполнять требуемое количество выездов одновременно и не выполняется условие $t \leq T$, элементы множества P_{avrg} сортируются по убыванию, и в перечень планируемых проверок отбираются p первых подмножеств подразделений, при которых $t \leq T$ и количество личного состава будет достаточным для выполнения проверочных мероприятий.

Значения показателей подразделений, не вошедших в план проверок, в числовом виде переносятся на следующий этап планирования [4].

Функциональная схема процесса планирования представлена на рисунке 1.

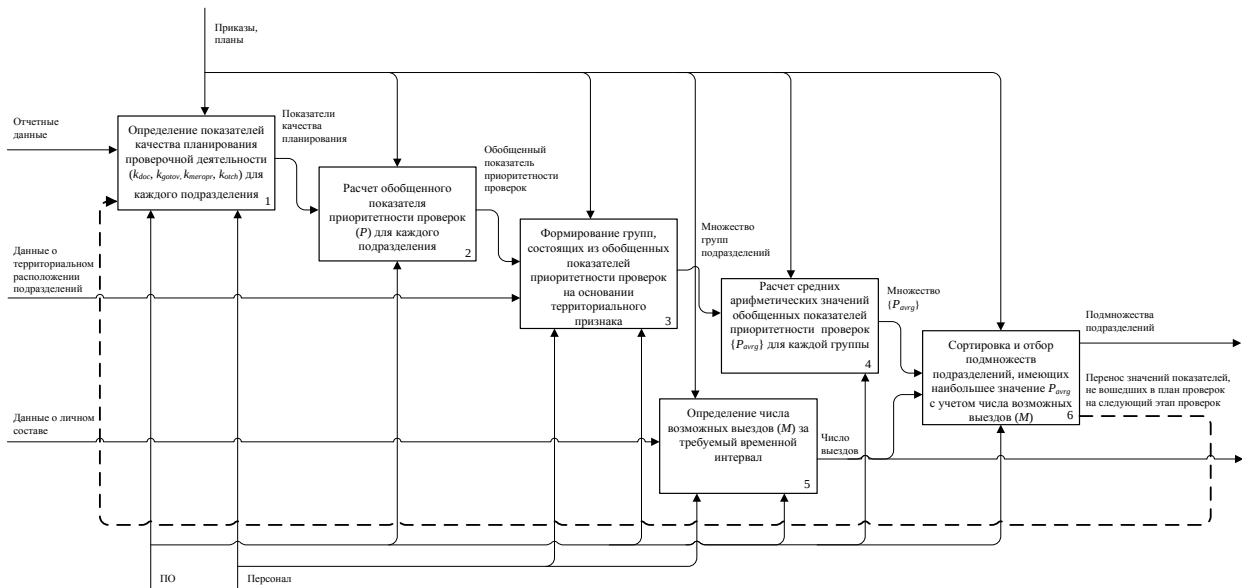


Рисунок 1 – Функциональная схема процесса планирования мероприятий контроля

Применение описанной выше методики планирования мероприятий контроля рассматривается на примере пяти подразделений (табл. 1): Подразделение № 1, Подразделение № 2, Подразделение № 3, Подразделение № 4, Подразделение № 5.

Таблица 1 – Показатели качества планирования мероприятий контроля

Подразделения	Показатели			
	k_{gotov}	k_{otch}	k_{meropr}	k_{period}
Подразделение № 1	0,7	0,5	0	1
Подразделение № 2	0,1	0,1	0	2
Подразделение № 3	1	0,5	0,5	2
Подразделение № 4	0,5	0,2	0,5	3
Подразделение № 5	0,5	0,1	0,5	1

Пусть $V_{gotov} = 0,8$; $V_{nedost} = 0,7$; $V_{meropr} = 0,6$. Тогда для каждого подразделения высчитывается значение обобщенного показателя проверки:

$$\begin{aligned}
 V_{gotov1} &= V_{gotov} * k_{gotov1} = 0,56; \\
 V_{nedost1} &= V_{nedost} * k_{nedost1} = 0,35; \\
 V_{meropr1} &= V_{meropr} * k_{meropr1} = 0; \\
 V_{gotov2} &= V_{gotov} * k_{gotov2} = 0,08; \\
 V_{nedost2} &= V_{nedost} * k_{nedost2} = 0,07; \\
 V_{meropr2} &= V_{meropr} * k_{meropr2} = 0; \\
 V_{gotov3} &= V_{gotov} * k_{gotov3} = 0,8; \\
 V_{nedost3} &= V_{nedost} * k_{nedost3} = 0,35; \\
 V_{meropr3} &= V_{meropr} * k_{meropr3} = 0,3; \\
 V_{gotov4} &= V_{gotov} * k_{gotov4} = 0,4; \\
 V_{nedost4} &= V_{nedost} * k_{nedost4} = 0,14; \\
 V_{meropr4} &= V_{meropr} * k_{meropr4} = 0,3;
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{gotov5} &= V_{gotov} * k_{gotov5} = 0,4; \\ V_{nedost5} &= V_{nedost} * k_{nedost5} = 0,07; \\ V_{meropr5} &= V_{meropr} * k_{meropr5} = 0,3. \end{aligned}$$

На основании весовых коэффициентов и показателя периодичности проверки высчитывается обобщенный показатель приоритетности проверки для каждого подразделения.

$$\begin{aligned} P_1 &= (0,56 + 0,35 + 0) / 1 = 0,91; \\ P_2 &= (0,08 + 0,07 + 0) / 2 = 0,08; \\ P_3 &= (0,8 + 0,35 + 0,3) / 2 = 0,73; \\ P_4 &= (0,4 + 0,14 + 0,3) / 3 = 0,28; \\ P_5 &= (0,4 + 0,07 + 0,3) / 1 = 0,77. \end{aligned}$$

Метод средней связи кластерного анализа реализуется с учетом заранее определенных координат каждого подразделения в нормализованном двумерном пространстве (табл. 2).

Таблица 2 – Координаты подразделений

Подразделения	Координаты	
	x	y
Подразделение № 1	400	600
Подразделение № 2	1300	500
Подразделение № 3	900	200
Подразделение № 4	700	500
Подразделение № 5	1200	300

Пусть радиус охвата (R) равен 400. Тогда для подразделения № 1 рассчитываются расстояния до других подразделений по формуле:

$$S_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}.$$

$$\begin{aligned} S_{1-2} &= 900; \\ S_{1-3} &= 650; \\ S_{1-4} &= 330; \\ S_{1-5} &= 850. \end{aligned}$$

Кластер 1 образуют подразделения № 1 и № 4, так как $S_{1-4} < R$.

Для подразделения №2 рассчитываются расстояния до подразделений, входящих в кластер 1:

$$\begin{aligned} S_{2-1} &= 900; \\ S_{2-4} &= 600. \end{aligned}$$

Среднее расстояние от подразделения № до кластера 1 составляет 750. Следовательно, подразделение не входит в кластер 1, а образует кластер 2.

Для подразделения № 3 рассчитываются расстояния до подразделений, входящих в кластер 1 и кластер 2:

$$\begin{aligned} S_{3-1} &= 640; \\ S_{3-4} &= 360; \\ S_{3-2} &= 500. \end{aligned}$$

Среднее расстояние от подразделения № 3 до кластера 1 и 2 составляет 500. Следовательно, подразделение не входит в кластер 1 или 2, а образует кластер 3.

Для подразделения № 5 рассчитываются расстояния до подразделений, входящих в кластеры 1, 2, 3:

$$S_{5-1} = 850;$$

$$S_{5-4} = 540;$$

$$S_{5-2} = 220;$$

$$S_{5-3} = 310.$$

Среднее расстояние от подразделения № 5 до кластера 1 составляет 690, до кластера 2 – 220, до кластера 3 – 310. Следовательно, подразделение входит в кластер 2.

Таким образом, расстояние от подразделения №1 до № 4 – 330; расстояние от подразделения № 2 до № 5 – 220; расстояние от подразделения № 3 до кластера 2 – 405; расстояние от кластера 2 и подразделения № 3 до кластера №1 – 648.

На основании расчетов строится дендрограмма (рис. 2).

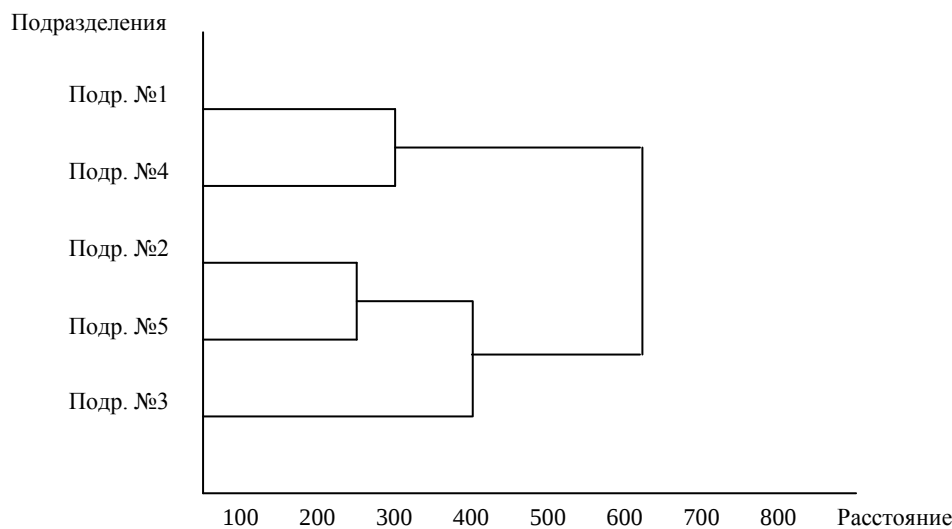


Рисунок 2 – Дендрограмма иерархического кластерного анализа подразделений

В результате кластерного анализа формируются 3 подмножества, состоящие из проверяемых подразделений (рис. 3): 1 подмножество – подразделения № 1 и № 4; 2 подмножество – подразделения № 2 и № 5; 3 подмножество – подразделение № 3.

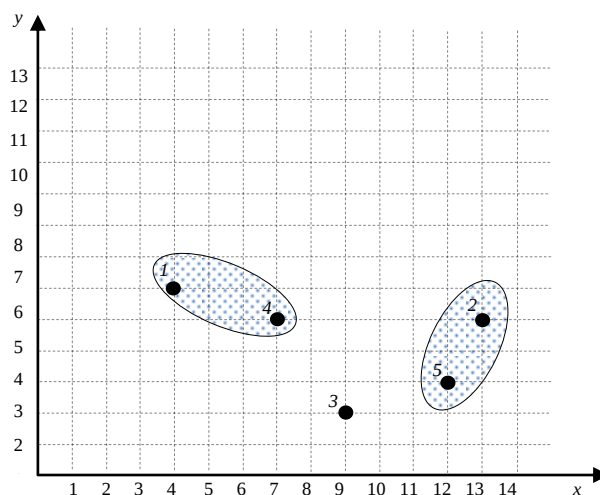


Рисунок 3 – Подмножества подразделений, объединенные на основании территориального признака

В пределах каждого подмножества высчитывается среднее арифметическое значение показателя проверки (P_{avg}):

$$\begin{aligned}P_{avg1} &= (P_1 + P_4) / 2 = 0,6; \\P_{avg2} &= (P_2 + P_5) / 2 = 0,43; \\P_{avg3} &= P_3 = 0,73.\end{aligned}$$

После сортировки подмножеств по возрастанию значения среднего показателя проверки формируется последовательность:

$$\{P_{avg2}, P_{avg1}, P_{avg3}\}.$$

Пусть количество личного состава проверяющего органа составляет: $l = 10$ чел. Количество личного состава, задействованного в выездах: $l_1 = l_2 = l_3 = 5$ чел. Временной интервал для проверочных мероприятий составляет: $T = 60$ дн. Время на каждый выезд: $t_1 = t_2 = t_3 = 25$ дн. Тогда суммарное время $t = 75$ дн. При последовательной организации выездов будет затрачено: $t_1 + t_2 + t_3 = 75$ дн. При объединении первого и второго выезда будет затрачено: $t = t_{1,2} + t_3 = 50$ дн., при этом выполняется условие: $t \leq T$; $l_{1,2} = l_1 + l_2 = 10$ чел., при этом выполняется условие: $l_{1,2} \leq l$.

Таким образом, план проверок будет выполнен в два этапа при одновременном объединении двух выездов. При этом за проверочный период будет охвачено 3 кластера, включающих 5 подразделений.

ВЫВОДЫ

В результате проведенного анализа процесса планирования проверочной деятельности на основе показателей приоритетности можно сделать вывод о том, что использование описанного в статье процесса, его последующая автоматизация способствуют повышению качества планирования проверочной деятельности, а также позволяют своевременно охватить наиболее важные с точки зрения контроля подразделения и произвести рациональное распределение человеческих ресурсов.

Рассмотрение представленных частных показателей приоритетности, а также возможность добавления любого количества новых показателей, использование территориального признака обеспечивают своевременное планирование проверок с учетом индивидуальных особенностей каждого подразделения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Афитов Э.А. Планирование на предприятии: учебное пособие. – Мн.: Высшая школа, 2001. – 285 с.
2. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Прикладные задачи теории вероятностей. – М.: Радио и связь, 1983. – 416 с., ил.
3. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. – 9-е издание: учебное пособие. – М.: Высшая школа, 2003. – 479 с., ил.
4. Гурин Л.С., Дымарский Я.С., Меркулов А.Д. Задачи и методы оптимального распределения ресурсов. – М.: Советское радио, 1968. – 463 с.
5. Дульзон А.А. Разработка управленческих решений. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2009. – 295 с.
6. Таха Х.А. Введение в исследование операций. 6-е издание: перевод с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2001. – 912 с.

Бондарчук Максим Сергеевич

Академия ФСО России, г. Орел

Сотрудник

Тел.: 8 (4862) 54-97-10

E-mail: maxbondarchuk@yandex.ru

M.S. BONDARCHUK (*Employee*)
Academy of Federal Agency of Protection of the Russian Federation, Orel

**THE FUNCTIONAL DESCRIPTION OF CONTROL ACTIVITY PLANNING PROCESS
BASED ON THE INSPECTION PRIORITY INDICATORS**

The purpose of this article is to address issues related to improving the quality of planning verification activities, efficiency in the allocation of human resources based on the priority of the use of indicators of inspections based on individual characteristics of territorial divisions and signs.

Keywords: *planning; priority indicators; project management; control; geographical arrangement.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Afitev E'.A. Planirovanie na predpriyatii: uchebnoe posobie. – Mn.: Vy'sshaya shkola, 2001. – 285 s.
2. Ventcel' E.S., Ovcharov L.A. Prikladny'e zadachi teorii veroyatnostej. – M.: Radio i svyaz', 1983. – 416 s., il.
3. Gmurman V.E. Teoriya veroyatnostej i matematicheskaya statistika. – 9-e izdanie: uchebnoe posobie. – M.: Vy'sshaya shkola, 2003. – 479 s., il.
4. Gurin L.S., Dy'marskij Ya.S., Merkulov A.D. Zadachi i metody' optimal'nogo raspredeleniya resursov. – M.: Sovetskoe radio, 1968. – 463 s.
5. Dul'zon A.A. Razrabotka upravlencheskix reshenij. – Tomsk: Izdatel'stvo Tomskogo politexnicheskogo universiteta, 2009. – 295 s.
6. Taxa X.A. Vvedenie v issledovanie operacij. 6-e izdanie: perevod s angl. – M.: Izdatel'skij dom «Vil'yams», 2001. – 912 s.

УДК 004.942:81'322.2](062)

Ю.Б. САВВА, Ю.В. ДАВЫДОВА

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЛИЦ,
ПРИЧАСТНЫХ К СФЕРЕ НЕЗАКОННОГО ОБОРОТА
НАРКОТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ И ПСИХОТРОПНЫХ ВЕЩЕСТВ
В ВИРТУАЛЬНЫХ СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ,
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БАЗЫ ДАННЫХ ЖАРГОНИЗМОВ**

В статье на основе объектно-ориентированного подхода рассмотрен процесс создания информационной систем идентификации участников виртуальных социальных сетей, ведущих деструктивную деятельность по пропаганде и распространению наркотических средств и психотропных веществ. Для проведения лингвистического анализа текстов сообщений с целью выявления в них признаков принадлежности к сфере наркотизации используется база данных жаргонизмов. Приведен пример описания участников сети «ВКонтакте» в качестве объектов, обладающих набором атрибутов, а также модель построения отношений между ними. Сформулирована проблема лингвистического анализа обфусцированных текстов.

Ключевые слова: виртуальные социальные сети; лингвистический анализ; обработка естественного языка; сленг; обфускация текста; наркотизация.

Анонимность в Интернете создает благоприятные условия для развития девиантного поведения среди пользователей. Сервисы виртуальных социальных сетей предоставляют широкие возможности для коммуникации. Ряд особенностей этих сетей, таких, как высокая скорость реагирования, вирусный характер распространения информации, делают их хорошими средствами для пропаганды и реализации злоумышленных намерений криминальных и террористических организаций, в частности, в сфере незаконного оборота наркотических средств и психотропных веществ. В настоящее время опасность распространения наркомании резко возросла в связи с тем, что наиболее популярными становятся «легкие» наркотики. По сравнению с «тяжелыми» видами, такими, как героин, «легкие» наркотики имеют отдаленные последствия в сфере здоровья [1]. Кроме того, девиантное поведение таких наркоманов не является ярко выраженным, часто протекает в латентной форме. Доступность «легких» наркотиков способствует их распространению в самых разных слоях общества.

Сохранение здоровья населения страны является одной из задач обеспечения национальной безопасности, для решения которой разрабатываются информационные системы мониторинга виртуальных социальных сетей с целью выявления лиц, пропагандирующих употребление наркотиков и распространяющих наркотические средства и психотропные вещества для последующего оказания противодействия подобным деструктивным воздействиям на пользователей Интернета. Так, для выявления активности участников виртуальных социальных сетей и последующей их кластеризации по различным признакам разработаны и используются на практике программы [2, 3]. Для эффективного применения этих программ для организации противодействия пропаганде и распространения наркотических средств и психотропных веществ необходимо проводить анализ текстов сообщений, которыми обмениваются участники виртуальных социальных сетей с целью выявления в этих сообщениях специфических терминов – жаргонизмов. Использование жаргонизмов в сетевых коммуникациях является особенностью сферы незаконного оборота наркотических средств и психотропных веществ, что представляет собой наибольшую сложность при реализации информационного поиска с целью выявления лиц, связанных с наркотизацией [4]. Помимо специализированных названий веществ, способов приема, инструментов и т.д. особую сложность вызывает лексика, которая вне контекста наркотизации является общеупотребительным вариантом языка или сленга (т.е. имеет место

явление семантической деривации).

В результате анализа предметной области были сформулированы следующие требования к информационной системе поиска жаргонизмов в сфере незаконного оборота наркотических средств и психотропных веществ:

- наличие лингвистической базы данных с возможностью пополнения словаря имеющихся жаргонизмов. Лингвистическая база данных предполагает наличие семантической и грамматической составляющей. Семантический компонент позволит организовать жаргонизмы по принципу толкового словаря, а грамматическая информация необходима в процессе снятия омонимии. Деятельность в сфере незаконного оборота наркотических средств и психотропных веществ является уголовно наказуемой, поэтому язык наркоманов относится к «тайным» языкам, а, значит, имеет особую тенденцию к изменениям. Таким образом, необходим инструмент поддержания базы данных в актуальном состоянии. Кроме того, база данных должна содержать сведения о наркотических веществах и психотропных средствах;

- наличие возможности заданий условий поиска, например, ограничить поиск упоминаний в сообщениях терминов только о «легких» наркотиках;

- наличие возможности просмотра архива результатов поиска с ранжированием по степени риска. Некоторые жаргонизмы представляют собой узкоспециализированную лексику, тогда как другая их часть мигрировала в общеупотребительный сленг и не является однозначным сигнализатором о применении наркотических средств и психотропных веществ.

При разработке информационной системы поиска жаргонизмов в сфере незаконного оборота наркотических средств и психотропных веществ были использованы объектно-ориентированный подход (ООП) и универсальный язык моделирования UML, обоснование возможности применения которых для проектирования подобных систем приведено в работах [5, 6].

В результате анализа предметной области была разработана объектно-ориентированная модель информационной системы поиска жаргонизмов в сфере незаконного оборота наркотических средств и психотропных веществ, диаграмма вариантов использования (Use Case Diagram) которой представлена на рисунке 1 в нотации языка UML.

В настоящее время все чаще изобретаются новые виды наркотиков, в частности, синтетические «легкие» наркотики, поэтому пользователь может добавлять наркотические средства и психотропные вещества в базу данных. Также предоставляется возможность ассоциировать новое вещество с имеющимися группами наркотических веществ. Чтобы сделать этот процесс максимально простым и не требующим углубленных знаний в области химии и медицины, были выделены крупные группы наркотиков, такие, как опиаты, галлюциногены, курительные смеси и т.д.

Информационный поиск проводится с использованием псевдооснов жаргонизмов, что существенно уменьшает время поиска. Реализация прецедента «Добавить жаргонизм» в интерфейс системы проводит пользователя через ряд этапов грамматического определения нового жаргонизма, что позволяет разбить ключевые слова на псевдосегменты. При этом пользователю необходимо указать такую грамматическую информацию, как часть речи, число, род (для имен существительных и прилагательных), возвратность, спряжение (для глагола) и др. База данных содержит жаргонизмы, которые являются именами существительными, прилагательными, глаголами и наречиями. После указания грамматической информации на основе парадигм словоизменения система предложит пользователю вариант разбиения словоформы на псевдосегменты, в свою очередь, пользователю необходимо верифицировать данный вариант, подтвердив правильность разбиения или внося изменения.

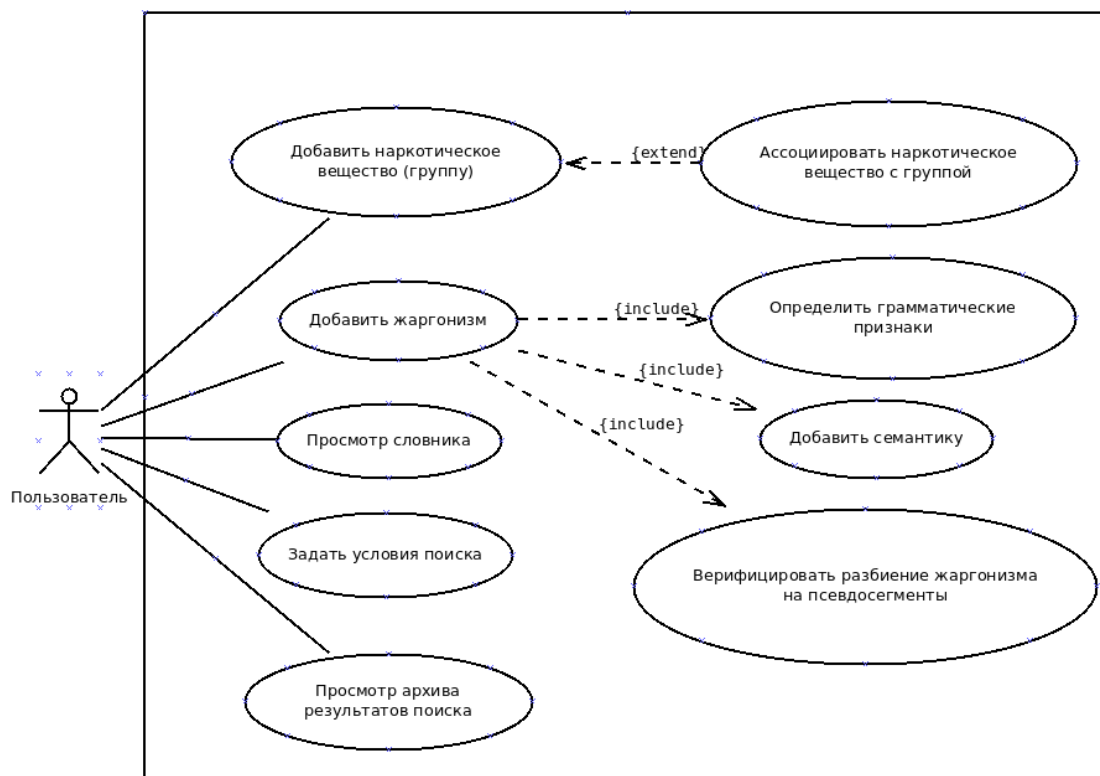


Рисунок 1 – Диаграмма вариантов использования информационной системы поиска жаргонизмов в сфере незаконного оборота наркотических средств и психотропных веществ

В зависимости от решаемой пользователем задачи информационный поиск в текстах сообщений участников виртуальных социальных сетей может осуществляться следующими тремя способами:

- с использованием всей базы данных жаргонизмов;
- только по отдельным выбранным группам наркотических средств и психотропных веществ;
- по жаргонизмам, относящимся к группе наиболее характерных для речи наркоманов и сигнализирующим об однозначной принадлежности авторов этих сообщений к сфере наркотизации.

Процесс поиска реализуется автономно, поэтому процедура «Просмотр архива результатов поиска» была выделена в качестве отдельного прецедента. Отчеты по результатам поиска позволяют пользователю сортировать данные, собранные за сутки, неделю и т.д. Кроме того, пользователю предоставлена возможность группировки данных по определенной тематике.

Для выявления жаргонизмов, занесенных в базу данных, в текстах сообщений необходимо решить задачу, которую, согласно [7], называют идентификацией сущностей или распознаванием именованных сущностей (Named-entity Recognition, NER). В результате решения этой задачи были выделены следующие сущности:

- Substance – наркотическое средство или психотропное вещество;
- SubstanceGroups – группы наркотических средств и психотропных веществ;
- Semantics – сущность, обозначающая семантику жаргонизма;
- WordForms – словоформа;
- PseudoBasis – псевдооснова жаргонизма.

На рисунке 2 представлен фрагмент диаграммы классов информационной системы поиска жаргонизмов в сфере незаконного оборота наркотических средств и психотропных веществ (Class Diagram).

Наркотики в большинстве своем распределены по группам веществ (метод Assign Group), однако допускается наличие в базе данных веществ, не ассоциированных ни с одной из имеющихся групп. Методы Add, Change, Delete позволяют добавить новый наркотик, редактировать существующий и удалить наркотическое вещество соответственно.

Пользователь имеет возможность создания новых групп наркотических веществ согласно любому желаемому критерию, например, лекарства, ограниченные в обороте, или новые синтетические наркотические средства. Затем в новую группу вносятся вещества из базы данных.

Семантика жаргонизмов может представлять собой название наркотического средства или целой группы веществ, а также обозначать наркотическое состояние, инструменты, лица, распространяющие и употребляющие наркотики и т.д. Существует вероятность многозначности – один жаргонизм может обозначать несколько значений и наоборот – один тип семантики может распространяться на множество жаргонизмов. Атрибут Description сущности Semantics позволяет пользователю добавить расширенное текстовое описание для того или иного значения жаргонизма по принципу толкового словаря.

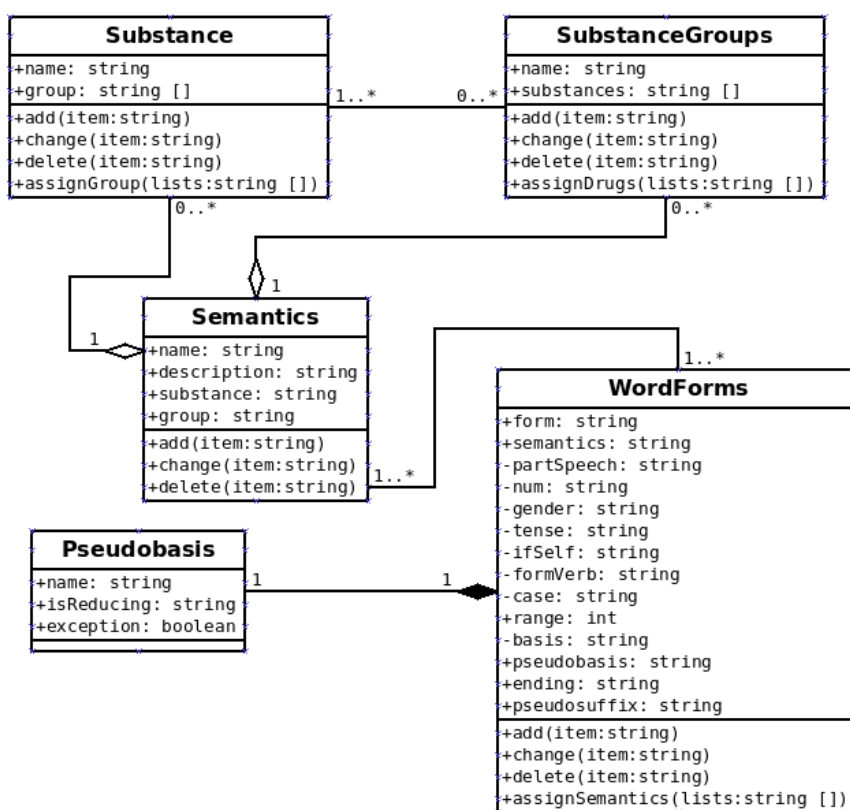


Рисунок 2 – Фрагмент диаграммы классов информационной системы поиска жаргонизмов в сфере незаконного оборота наркотических средств и психотропных веществ

Для словоформ выделяются псевдоосновы, которые используются при информационном поиске. Атрибуты Ending и Pseudosuffix сущности WordForms представляют собой окончание и псевдосuffix словоформы соответственно. Атрибут Range определяет степень специализированности той или иной словоформы, Basis представляет собой основу слова, если при словоизменении имеет место факт редуцирования, остальные атрибуты являются грамматическими признаками. Метод Assign Semantics позволяет присвоить словоформе множество значений.

Лингвистический анализ текстов сообщений участников виртуальных социальных сетей с использованием разработанной базы данных жаргонизмов в сфере незаконного оборота наркотических средств и психотропных веществ позволяет с использованием программ [2, 3] провести построение и анализ структуры этих сетей, а также свойств личных

коммуникаций и тем самым решать задачи идентификации акторов, входящих в сообщества лиц, пропагандирующих и распространяющих наркотические средства и психотропные вещества в Интернете.

С точки зрения интеллектуального анализа данных виртуальная социальная сеть представляет собой гетерогенный мультиреляционный массив данных, представленный в виде графа. Поэтому для исследования структуры виртуальной социальной сети в программе [2] использованы алгоритмы кластерного анализа, позволяющие разбивать узлы сети, представляемые объектами, на классы, основываясь на их связях так же, как и на их атрибутах.

При анализе наиболее популярной в России виртуальной социальной сети «ВКонтакте» участники этой сети были представлены в качестве объектов Participant, обладающих следующими атрибутами:

- 1) стандартные поля:
 - id (идентификатор);
 - first_name (имя);
 - last_name (фамилия);
 - deactivated (возвращается в случае, если страница участника удалена);
 - hidden (возвращает единицу, если страница участника скрыта от посторонних);
- 2) дополнительные поля:
 - photo_id (идентификатор фотографии участника);
 - verified (возвращает единицу, если страница участника верифицирована, или нуль, если страница не верифицирована);
 - blacklisted (возвращает единицу, если текущий участник находится в черном списке у запрашиваемого участника);
 - sex (пол участника: 1 – женский, 2 – мужской, 0 – пол не указан);
 - bdate (дата рождения);
 - city (содержит два поля: id – идентификатор города и title – название города);
 - country (содержит два поля: id – идентификатор страны и title – название страны);
 - home_town (родной город участника);
 - photo_50 (фотография участника шириной 50 пикселей);
 - photo_100 (фотография участника шириной 100 пикселей);
 - photo_200 (фотография участника шириной 200 пикселей);
 - photo_max (фотография участника без ограничений в ширине);
 - online (возвращает 1, если пользователь находится в данный момент на сайте «ВКонтакте», иначе 0);
 - lists (идентификаторы списков друзей);
 - domain (адрес страницы участника);
 - has_mobile (возвращает 1 – если номер мобильного телефона известен, 0 – если не известен);
 - contacts (номер мобильного телефона участника);
 - site (указанный сайт в профиле участника);
 - education (информация о высшем учебном заведении участника);
 - universities (список высших учебных заведений);
 - schools (список школ);
 - status (статус участника);
 - last_seen (время, когда участник был в последний раз в сети);
 - followers_count (количество подписчиков участника);
 - common_count (количество общих друзей с текущим участником);
 - counters (количество различных объектов у участника, а именно: фотоальбомы, видеозаписи, аудиозаписи, друзья, группы и др.);

- occupation (род занятий участника);
- nickname (ник или отчество участника);
- relatives (список родственников участника);
- relation (семейное положение: 1 – не женат/не замужем, 2 – есть друг/подруга, 3 – помолвлен/помолвлена, 4 – женат/замужем, 5 – все сложно, 6 – в активном поиске, 7 – влюблен/влюблена, 0 – не указано);
- personal (информации из раздела «жизненная позиция»);
- wall_comments (1 – комментирование стены доступно, 0 – недоступно);
- activities (деятельность участника);
- interests (интересы);
- music (любимая музыка);
- movies (любимые фильмы);
- books (любимые книги);
- games (любимые игры);
- about (сведения, представленные участником о себе);
- quotes (любимые цитаты);
- timezone (временная зона участника);
- is_friend (является ли другом);
- friend_status (статус дружбы с участником);
- maiden_name (девичья фамилия участника).

Для поиска по ключевому слову на «стене» участника используется метод `wall.search`, который принимает в качестве параметров идентификатор пользователя и поисковой запрос. После успешного выполнения возвращает список найденных записей на стене.

Модель построения отношений между объектами Participant выполнена в виде диаграммы последовательностей, представленной на рисунке 3.

Для фильтрации объектов пользователь использует ключевые слова из базы данных жаргонизмов в сфере незаконного оборота наркотических средств и психотропных веществ в одном или двух полях – «Поиск по анкетным данным» и «Поиск по стене». При этом пользователь вводит идентификатор или ключевое слово, после чего приложение посылает запрос с данным идентификатором за сервер «ВКонтакте».

Запрос представляет собой метод `wall.search` с введенным идентификатором в качестве параметра, а также ключевым словом для поиска. Данный метод осуществляет поиск ключевого слова на странице определенного человека-участника сети среди его записей и среди комментариев к его записям. В результате метод `wall.search` вернет счетчик найденных записей, а также сами записи, где встречается ключевое слово. Если счетчик записей больше нуля, то соответствующий узел удаляется из графа и граф начинает строиться заново. Сервер возвращает данные, которые потом используются при построении графа. Затем управление приложением возвращается к пользователю.

Для визуализации графа отношений между участниками сети «ВКонтакте» использован алгоритм физики частиц, разработанный в 1986 году специалистами по компьютерному моделированию Дж. Барнсом и П. Хатом [8], получившим название TreeCode.

В построенном графе $G=(V, E)$ каждой вершине соответствует один конкретный участник сети, а все множество вершин $V=N$, где N – количество участников, отвечающих условиям поиска. E – множество ребер графа, отражающее связи между участниками построенного подмножества виртуальной социальной сети.

Программа [9] предоставляет пользователю возможность провести кластеризацию графа G , выделив в нем подграфы по таким критериям, как, например, частота общения между участниками сети или используемые жаргонизмы из сферы незаконного оборота наркотических средств и психотропных веществ. Выделение подграфов позволяет не только выявлять «ближний круг» общения участников, но и определять популярные в данном

сообществе наркотики или психотропные вещества.

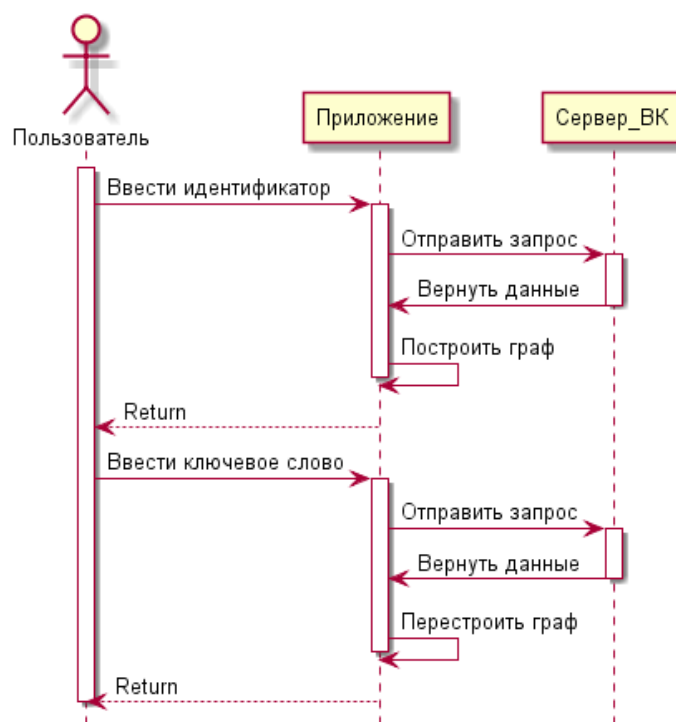


Рисунок 3 – Диаграмма последовательностей действий пользователя при построении графа отношений между участниками виртуальной социальной сети «ВКонтакте»

Практическое использование прототипа информационной системы идентификации лиц, причастных к сфере незаконного оборота наркотических средств и психотропных веществ, с использованием базы данных жаргонизмов не только показало ее эффективность, но и позволило выявить некоторые проблемы.

Регулярное использование участниками сообществ, пропагандирующих и распространяющих наркотические вещества, потенциально грамматически неверного написания (обфусцирование) слов и построения предложений в целом существенно усложняет проведение лингвистического анализа текстов сообщений. В качестве основных приемов обфускации таких текстов в работе [4] нами выделены следующие:

- замена букв кириллицы на имеющие сходные начертания буквы латиницы (например, буквы «а», «о», «е», «с» и др.);
- использование цифр вместо отдельных букв и слов (например, цифра «4» вместо буквы «ч», цифра «0» вместо буквы «о», цифра «2» вместо предлога «к», сочетание буквы и цифры «о5» вместо слова «опять» и др.);
- вставка различных небуквенных символов для разделения слов (например, написание «с.п.а.й.с» вместо слова «спайс» и т.п).

Для преодоления обфускации текстов сообщений предполагается использовать методы кластеризации и распознавания образов при сравнении графов следования символов запутанных сообщений с шаблонами, хранящимися в базе данных информационной системы идентификации лиц, причастных к сфере незаконного оборота наркотических средств и психотропных веществ в виртуальных социальных сетях, с использованием базы данных жаргонизмов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хагуров Т.А. и др. Девиантное поведение в современной России: алкоголь, наркотики, молодежный экстремизм (концепции и исследования) / Т.А. Хагуров, М.Е. Позднякова,

- В.Н. Ракачев и др. – М.: Институт социологии РАН, 2014. – 200 с.
2. Савва Ю.Б. Программа кластеризации и шкалирования нечетких данных: свидетельство об офиц. регистрации программы для ЭВМ № 2015612445 Рос. Федерация; заявитель и правообладатель ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК» (RU). – № 2014663471; заявл. 23.12.2014; зарегистрировано в реестре программ для ЭВМ 18.02.2015. – 1 с.
 3. Савва Ю.Б., Савченко В.А. Программа выявления активности участников виртуальных социальных сетей: свидетельство об офиц. регистрации программы для ЭВМ № 2015660186 Рос. Федерация; заявитель и правообладатель ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК» (RU). – № 2015616913; заявл. 28.07.2015; зарегистрировано в реестре программ для ЭВМ 24.09.2015. – 1 с.
 4. Савва Ю.Б., Еременко В.Т., Давыдова Ю.В. О проблеме лингвистического анализа сленга в задаче автоматизированного поиска угроз распространения наркомании в виртуальных социальных сетях // Информационные системы и технологии, 2015. – № 6(92). – С. 68-75.
 5. Савва Ю.Б. Об объектно-ориентированном подходе к моделированию информационных воздействий при ведении противоборства в компьютерных сетях // Перспективы развития информационных технологий: сборник материалов XX Международной научно-практической конференции; под общ. ред. С.С. Чернова. – Новосибирск: ЦРНС, 2014. – С. 14-19.
 6. Савва Ю.Б. Моделирование поведения акторов в виртуальных социальных сетях в задаче выявления источников пропаганды наркотиков // Вопросы безопасности России и постсоветского пространства: история и современность: сборник статей Международной научно-практической конференции // МНИЦ ПГСХА. – Пенза: РИО ПГСХА, 2015. – С. 83-88.
 7. Ингерсолл Г.С. и др. Обработка неструктурированных текстов. Поиск, организация и манипулирование / Г.С. Ингерсолл, Т.С. Мортон, Э.Л. Фэррис; пер. с англ. Слинкин А.А. – М.: ДМК-Пресс, 2015. – 414 с.
 8. Barnes J., Hut P. A hierarchical $O(N \log N)$ force-calculation algorithm. – Nature, 1986. – № 4(324). – P. 446-449.
 9. Савва Ю.Б. Программа кластеризации и шкалирования нечетких данных: свидетельство об офиц. регистрации программы для ЭВМ № 2015612445 Рос. Федерация / заявитель и правообладатель ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК» (RU). – № 2014663471; заявл. 23.12.2014; зарегистрировано в реестре программ для ЭВМ 18.02.2015. – 1 с.

Савва Юрий Болеславович

ФГБОУ ВО «Приокский государственный университет», г. Орел
Кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные системы»
Тел.: 8 906 569 92 20
E-mail: su_fio@mail.ru

Давыдова Юлия Витальевна

ФГБОУ ВО «Приокский государственный университет», г. Орел
Ведущий инженер-программист информационно-вычислительного центра
Тел.: 8 920 280 26 25
E-mail: alfa-antares@yandex.ru

Yu.B. SAVVA (Candidate of Engineering Sciences,
Associate Professor of the Department «Information Systems»)

Yu.V. DAVYDOVA (Software Engineer of Information and Computing Center)
Prioksky State University, Orel

**DESIGN OF INFORMATION SYSTEM IDENTIFICATION OF PERSONS WHICH PARTICIPATE
ILLICIT IN FIELD OF NARCOTIC DRUGS AND PSYCHOTROPIC SUBSTANCES IN THE
VIRTUAL SOCIAL NETWORKS USING THE DATABASE JARGON**

In article on the basis of object-oriented approach process of creation information systems of an identification of participants of the virtual social networks conducting destructive activities for promotion and distribution of drugs and psychotropic substances is considered. For carrying out the linguistic analysis of texts of messages for the purpose

of identification of accessory signs in them to the sphere of a narcotization the database of jargons is used. The example of the description of participants of VKontakte as the objects possessing a set of attributes, and also model of creation of the relations between them is given. The problem of the linguistic analysis the obfuscating texts is formulated.

Keywords: virtual social networks; linguistic analysis; natural language processing; obfuscation of the text; slang; population narcotization

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Xagurov T.A. i dr. Deviantnoe povedenie v sovremennoj Rossii: alkohol', narkotiki, molodezhny'j e'kstremizm (konceptii i issledovaniya) / T.A. Xagurov, M.E. Pozdnyakova, V.N. Rakachev i dr. – M.: Institut sociologii RAN, 2014. – 200 s.
2. Savva Yu.B. Programma klasterizacii i shkalirovaniya nechetkix dannyx: svidetel'stvo ob ofic. registracii programmy' dlya E'VM № 2015612445 Ros. Federaciya; zayavitel' i pravoobladatel' FGBOU VPO «Gosuniversitet – UNPK» (RU). – № 2014663471; zayavl. 23.12.2014; zaregistrirovano v reestre programm dlya E'VM 18.02.2015. – 1 s.
3. Savva Yu.B., Savchenko V.A. Programma vy'yavleniya aktivnosti uchastnikov virtual'ny'x social'ny'x setej: svidetel'stvo ob ofic. registracii programmy' dlya E'VM № 2015660186 Ros. Federaciya; zayavitel' i pravoobladatel' FGBOU VPO «Gosuniversitet – UNPK» (RU). – № 2015616913; zayavl. 28.07.2015; zaregistrirovano v reestre programm dlya E'VM 24.09.2015. – 1 s.
4. Savva Yu.B., Eremenko V.T., Davy'dova Yu.V. O probleme lingvisticheskogo analiza slenga v zadache avtomatizirovannogo poiska ugroz rasprostraneniya narkomanii v virtual'ny'x social'ny'x setyax // Informacionny'e sistemy' i tekhnologii, 2015. – № 6(92). – S. 68-75.
5. Savva Yu.B. Ob ob''ektno-orientirovannom podxode k modelirovaniyu informacionny'x vozdeystvij pri vedenii protivoborstva v komp'yuterny'x setyax // Perspektivy' razvitiya informacionny'x tekhnologij: sbornik materialov XX Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii; pod obshh. red. S.S. Chernova. – Novosibirsk: CRNS, 2014. – S. 14-19.
6. Savva Yu.B. Modelirovanie povedeniya aktorov v virtual'ny'x social'ny'x setyax v zadache vy'yavleniya istochnikov propagandy' narkotikov // Voprosy' bezopasnosti Rossii i postsovetetskogo prostranstva: istoriya i sovremennost': sbornik statej Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii // MNIC PGSXA. – Penza: RIO PGSXA, 2015. – S. 83-88.
7. Ingersoll G.S. i dr. Obrabotka nestrukturirovanny'x tekstov. Poisk, organizaciya i manipulirovanie / G.S. Ingersoll, T.S. Morton, E'.L. Fe'rris; per. s angl. Slinkin A.A. – M.: DMK-Press, 2015. – 414 s.
8. Barnes J., Hut P. A hierarchical $O(N \log N)$ force-calculation algorithm. – Nature, 1986. – № 4(324). – P. 446-449.
9. Savva Yu.B. Programma klasterizacii i shkalirovaniya nechetkix dannyx: svidetel'stvo ob ofic. registracii programmy' dlya E'VM № 2015612445 Ros. Federaciya / zayavitel' i pravoobladatel' FGBOU VPO «Gosuniversitet – UNPK» (RU). – № 2014663471; zayavl. 23.12.2014; zaregistrirovano v reestre programm dlya E'VM 18.02.2015. – 1 s.

УДК 378:331.108.45

В.А. ФРОЛОВА, А.В. КОСЬКИН, О.А. САВИНА, А.И. ФРОЛОВ

**ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ
РЕГИОНАЛЬНОЙ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ
«ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ – РАБОТОДАТЕЛЬ»**

В статье рассмотрены вопросы оптимального функционирования региональных социально-экономических систем «образовательная организация высшего образования – работодатель», обеспечения качественного образования, удовлетворяющего потребности региональных работодателей, приведена математическая модель такой системы.

Ключевые слова: математическая модель; образовательная организация высшего образования; работодатель.

В последнее время работодатели заявляют о прогрессирующем несоответствии умений претендентов на рабочие места их требованиям, что находит подтверждение в выступлениях представителей бизнеса, средствах массовой информации и ежегодных исследованиях международных рекрутинговых компаний. Отмечается, что кандидаты на рабочие места не обладают навыками, которые востребованы работодателями, что приводит к незаполненным вакансиям, низкой продуктивности и препятствиям в развитии бизнеса [7].

В ответ на складывающуюся ситуацию на протяжении последних лет ассоциациями предприятий при непосредственном курировании данного вопроса Министерством труда и социальной защиты Российской Федерации разрабатываются профессиональные стандарты, описывающие квалификации, необходимые работнику для осуществления определенного вида профессиональной деятельности. Согласно статье 195.1 Трудового кодекса Российской Федерации, они должны использоваться организациями и предприятиями при работе с персоналом и образовательными организациями высшего образования при разработке основных образовательных программ. Применение профессиональных стандартов работодателями обязательно, если требования к квалификации работника, необходимые для выполнения определенных трудовых функций установлены Трудовым кодексом Российской Федерации, другими федеральными законами или иными нормативными правовыми актами Российской Федерации [2].

В свою очередь, в 2015 году Министерство образования и науки Российской Федерации объявило о начале второго этапа реформирования системы образования путем создания региональных опорных университетов, которые должны способствовать концентрации интеллектуального потенциала и образованию научно-образовательных комплексов, нацеленных на экономическое и социальное развитие субъектов федерации. Данным образовательным организациям высшего образования отведена доминирующая роль в образовательной среде региона. Их основной целью должна являться подготовка высококвалифицированных кадров для конкретного региона.

Перед региональной образовательной организацией высшего образования встают совершенно новые задачи обеспечения качества образования. Их специфика обуславливается необходимостью учета не только требований федеральных государственных образовательных стандартов и профессиональных стандартов, но и требований конкретных региональных работодателей. Таким образом, происходит формирование новой региональной социально-экономической системы «образовательная организация высшего образования – работодатель».

Основой функционирования данной системы является построение процесса управления подготовкой кадров для региона, основанного на обеспечении нового качества образования, получаемого индивидом в образовательной организации высшего образования

с целью удовлетворения его собственных потребностей и потребностей региональных работодателей в высококвалифицированном работнике.

Решение этой проблемы включает следующие этапы:

1. Постановка задачи: описание региональной социально-экономической системы «образовательная организация высшего образования – работодатель» (далее РСЭС «ООВО – работодатель») как объекта исследования, описание целей функционирования РСЭС «ООВО – работодатель»; задание критериев для РСЭС «ООВО – работодатель» и управления ею.

2. Описание границ изучаемой РСЭС «ООВО – работодатель» и ее (первичная) структуризация путем разбиения на два класса всей совокупности объектов и процессов, имеющих отношение к поставленной задаче: собственно изучаемая РСЭС «ООВО – работодатель» и внешняя среда.

3. Построение формализованной математической модели изучаемой РСЭС «ООВО – работодатель»: первичная параметризация РСЭС «ООВО – работодатель».

Региональная образовательная организация высшего образования представляет собой научно-образовательный комплекс, имеющий многоцелевой характер и ориентированный на удовлетворение общественной потребности в получении высшего образования. В зависимости от внешних или внутренних причин в течение времени структура и функции данной образовательной организации высшего образования могут меняться [7].

Работодатели в рассматриваемой РСЭС «ООВО – работодатель» представлены «глобальными» работодателями, требования которых описаны в профессиональных стандартах и «региональными» работодателями, предъявляющими требования при устройстве на работу на конкретную должность в организацию на региональном уровне.

РСЭС «ООВО – работодатель» является открытой и находится в тесной связи с внешней средой. Формализованные требования общества к функционированию образовательной организации высшего образования и результатам ее функционирования представлены двумя составляющими:

- требования государства, выраженные федеральными государственными образовательными стандартами, обеспечивающими минимальные нормы требований по качеству образования;

- требования ассоциаций предприятий, выраженные в профессиональных стандартах, формирующих перечни конкретных трудовых функций.

Отметим при этом, что в идеальной системе минимальные требования, предъявляемые федеральными государственными образовательными стандартами, должны покрывать перечисленные в профессиональных стандартах. При такой формулировке требований общества не учитываются требования «локальных» – региональных работодателей, которые предоставляют рабочие места для более чем 70% обучающихся в регионе.

Модель РСЭС «ООВО – работодатель», учитывающая степень соответствия получаемого индивидом образования федеральным государственным образовательным стандартам, профессиональным стандартам и требованиям региональных работодателей, представлена на рисунке 1.

Основным результатом оптимального функционирования РСЭС «ООВО – работодатель» – является востребованность выпускника образовательной организации высшего образования на региональном рынке, удовлетворение потребности региональных работодателей в кадрах, что в конечном итоге благоприятно отразится на уровне развития региона. Согласно федеральному закону «Об образовании в РФ» № 273 от 29.12.2012 г., под качеством образования «понимается комплексная характеристика образовательной деятельности и подготовки обучающегося, выражающая степень их соответствия федеральным государственным образовательным стандартам, образовательным стандартам, федеральным государственным требованиям и (или) потребностям физического или юридического лица, в интересах которого осуществляется образовательная деятельность, в том числе степень достижения планируемых результатов образовательной программы» [1].

Понятие «образование» дуально по своей природе: это результат образовательного процесса и сам образовательный процесс, позволяющий получить необходимый результат. Процесс обеспечения качества образования относится как к результату, так и к процессу [8]. Существует настоятельная необходимость реализации адаптивного подхода к построению организационных структур.



Рисунок 1 - Модель региональной социально-экономической системы «образовательная организация высшего образования – работодатель»

На рисунке 2 представлена функциональная схема адаптивного процесса обеспечения качества образования, основанная на учете требований региональных работодателей к выпускникам образовательных организаций высшего образования и характеризующаяся наличием постоянной обратной связи и возможностью оптимизации образовательного процесса путем корректировки индивидуальной траектории обучающегося. Образовательный процесс в социально-экономической системе «образовательная организация высшего образования – работодатель» осуществляется по циклу до тех пор, пока обучаемый не приобретет необходимый перечень знаний, умений и навыков, соответствующий федеральным государственным образовательным стандартам, определенному профессиональному стандарту и необходимому для конкретной должности, представленной на региональном рынке предприятиями или организациями. Таким образом, необходим процесс адаптации существующей образовательной системы к требованиям регионального рынка труда и запросам обучающегося. Результатом полученного образования является набор индикаторов, образующих интегральный показатель качества образования, который показывает процент освоения обучающимся навыков, соответствующих требованиям работодателей, федеральных государственных образовательных стандартов и профессиональных стандартов.

Предложенная схема требует создания специфичной модели процесса формирования основных образовательных программ с учетом федеральных образовательных стандартов, профессиональных стандартов и конкретных требований «региональных» работодателей. По аналогии с положениями теории автоматических систем управления [4, 8], нами рассматриваются воздействия, оказываемые на РСЭС «ООВО – работодатель» с целью обеспечения регионального рынка труда кадрами требуемой квалификации. В этом случае управление РСЭС «ООВО – работодатель» сводится к тому, чтобы выбрать необходимые входные воздействия $X_{yb} = \{X_{yb1}, X_{yb2}, \dots, X_{ybm}\}$, которые при любых возмущающих воздействиях $F = \{f_1, f_i, \dots, f_k\}$, приложенных к системе, обеспечивают заданное значение

управляемой (регулируемой) величины $X_{вх} = \{X_{вх1}, X_{вх2}, \dots, X_{вхn}\}$, в данном случае – качества получаемого образования. При этом необходимо постоянное считывание информации о результатах такого управления, то есть фиксирование информации о реакции системы на управляющие воздействия. Проводить анализ информации о состоянии социально-экономической системы и степень приближения ее к эталонному состоянию, характеризуемое вектором $X_{эт}$, и на этой основе вырабатывать необходимые управляющие решения X_p , которые требуют реализации путем управляющих воздействий $X_{ув}$ [6]. Основной задачей образованной региональной социально-экономической системы «образовательная организация высшего образования – работодатель» является обеспечение качества образования, соответствующего требованиям федеральных государственных образовательных стандартов, профессиональных стандартов и требований региональных работодателей, то есть приближение существующего состояния параметров регулируемой величины $X_{вх}$ к эталонному $X_{эт}$. Наилучшее управление наблюдается при минимизации отклонения составляющих вектора текущих значений результирующих показателей $\bar{X}_0$ от эталонного вектора соответствующих значений показателей.



Рисунок 2 – Функциональная схема адаптивного процесса обеспечения качества образования

Обобщенная схема управления социально-экономической системой «образовательная организация высшего образования – работодатель» в целях повышения качества образования, представлена на рисунке 3.

Информационный вектор $\bar{X}_{вх}$, учитывающий воздействия на РСЭС «ООВО – работодатель» при помощи модуля формализации данных, преобразуется в вектор параметров состояния объекта управления $\bar{X}_д$, отображенный в удобном для анализа и моделирования виде. Модули оценки состояния, подготовки решения и принятия решения представляют собой аналитическую систему принятия решений. Результатом работы модуля «оценки качества образования» является вектор $\bar{X}_0$ оценки состояния РСЭС «ООВО-работодатель». Система формирования управляющих воздействий на качество образования в РСЭС «ООВО – работодатель» получает из аналитической системы решение, выбранное лицом принимающим решение из множества возможных решений X_p и с помощью

исполнительных органов формирует вектор управляющих воздействий $X_{ув}$.

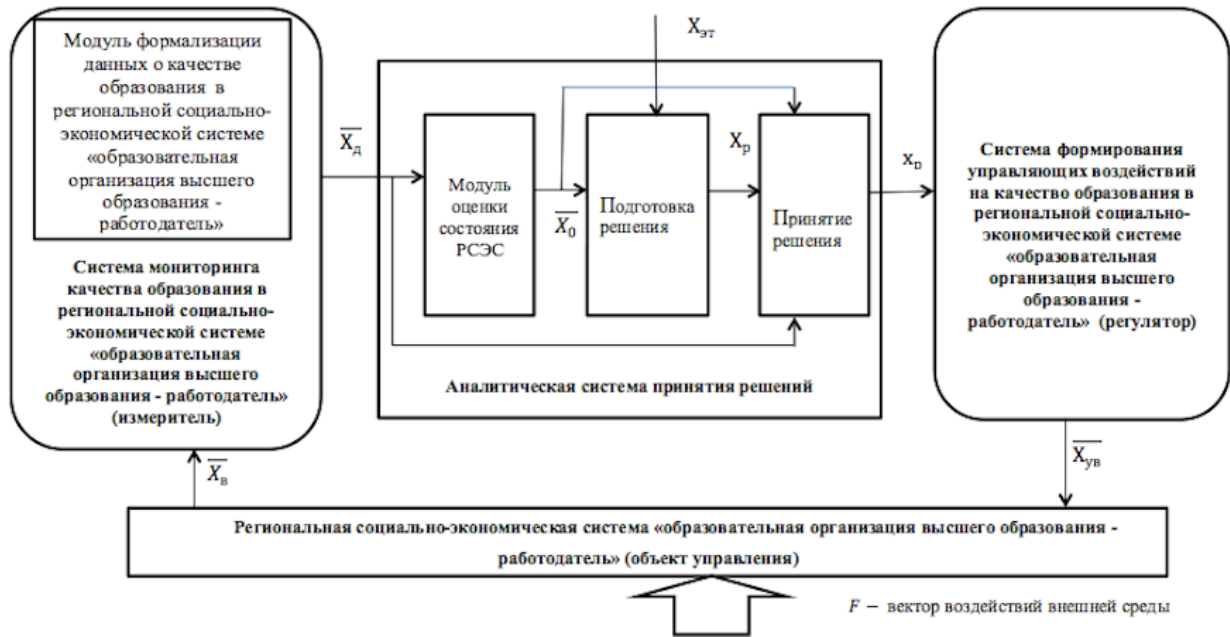


Рисунок 3 – Обобщенная схема управления социально-экономической системой «образовательная организация высшего образования – работодатель»

Модель управления РСЭС «ООВО – работодатель» определяется взаимосвязью между состоянием системы $\overline{X_{ex}}$ и факторами, влияющими на это состояние:

$$\overline{X_{ex}} = \omega(\overline{X_{ув}}, \overline{X_0}, F), \quad (1)$$

где $\overline{X_{ув}}$ – вектор управляющих воздействий; $\overline{X_0}$ – вектор оценки состояния РСЭС «ООВО – работодатель»; ω – функция, отражающая взаимосвязь между входными и выходными параметрами; $\overline{X_{ex}}$ – вектор параметров, характеризующих состояние региональной социально-экономической системы «образовательная организация высшего образования – работодатель»; F – вектор воздействий окружающей среды.

Реализация предлагаемой модели включает следующие этапы:

- 1) формализация задач и процессов системы мониторинга качества образования в РСЭС «ООВО – работодатель»;
- 2) разработка математического обеспечения и методики оценки состояния РСЭС «ООВО – работодатель»;
- 3) формализация вектора эталонного состояния РСЭС «ООВО – работодатель»;
- 4) разработка методики формирования основных образовательных программ с учетом федеральных образовательных стандартов, профессиональных стандартов и конкретных требований «региональных» работодателей.

В статье исследованы пути решения проблемы несоответствия умений и знаний выпускников образовательных организаций высшего образования требованиям региональных работодателей. Определен объект исследования – вновь формируемая региональная социально-экономическая система «образовательная организация высшего образования – работодатель». Проведена ее первичная структуризация, разработана модель, учитывающая требования федеральных государственных образовательных стандартов, профессиональных стандартов и требования конкретных региональных работодателей. Предложена схема контура управления данной системой и произведена ее первичная параметризация.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон Российской Федерации № 273 от 29.12.2012 г. «Об образовании в РФ». – М.: Собрание законодательства Российской Федерации, 2012. – № 53. – 7598 с.; 2013. – № 19. – 2326 с.; № 30. – 4036 с.
2. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ (редакция от 31.12.2014)
3. Аврашков П.П. и др. Анализ методов и подходов к моделированию компонентов сложных организационно-технических систем / П.П. Аврашков, А.В. Коськин, С.В. Терентьев, А.И. Фролов, Р.А. Ветров // Информационные системы и технологии, 2011. – № 6(68). – С. 27-34.
4. Глушков В.М. Введение в АСУ. – Киев: Техника, 1974. – 188 с.
5. Коськин А.В. Математические модели, используемые при формировании системы управления производственно-образовательными комплексами // Информационные системы и технологии, 2008. – № 1-2. – С. 122-127
6. Михайлов В.С. Теория управления. – К.: Выша школа. Головное изд-во, 1988. – 312 с.
7. Фролова В.А., Дашкевич Р.А. Проблемы подготовки инженерно-технических кадров для региона и пути их решения // Известия ТулГУ. Экономические и юридические науки, 2014. – Выпуск 4. – Ч. 1. – С. 385-391.
8. Фролова В.А., Шеметова Е.В., Фролов А.И. и др. О формировании системы инновационной подготовки инженерно-технических кадров. Материалы VI-й Международной научно-технической конференции «Информационные технологии в науке, образовании и производстве». – Орел: «Госуниверситет – УНПК», 2014 [Электронный ресурс]. – URL: <http://youconf.ru/itnop2014/materials/manager/view/391>.

Фролова Варвара Александровна

ФГБОУ ВО «Приокский государственный университет», г. Орел

Кандидат экономических наук, доцент, ведущий научный сотрудник Научно-образовательного центра «Специализированные цифровые устройства и системы управления»

E-mail: vnozdracheva@yandex.ru

Коськин Александр Васильевич

ФГБОУ ВО «Приокский государственный университет», г. Орел

Доктор технических наук, профессор, проректор по информатизации и спецпроектам

Тел.: 8 (4862) 41-98-15

E-mail: koskin@ostu.ru

Савина Ольга Александровна

ФГБОУ ВО «Приокский государственный университет», г. Орел

Доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой «Информационные системы»

Тел.: 8 906 569 20 20

E-mail: o.a.savina@gmail.com

Фролов Алексей Иванович

ФГБОУ ВО «Приокский государственный университет», г. Орел

Кандидат технических наук, доцент, директор Научно-образовательного центра «Специализированные цифровые устройства и системы управления»

Тел.: 8 961 627 05 50

E-mail: aifrolov@mail.ru

V.A. FROLOVA (Candidate of Economic Sciences, Associate Professor,
Leading Researcher of Scientific and Educational Center «Specialized Digital Devices and Control Systems»)

A.V. KOS'KIN (Doctor of Engineering Sciences, Professor, Prorector for Information and Special Projects)

O.A. SAVINA (Doctor of Economic Sciences, Professor, Head of the Department «Information Systems»)

A.I. FROLOV (Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor,
Director Researcher of Scientific and Educational Center «Specialized Digital Devices and Control Systems»)
Prioksky State University, Orel

**BUILDING A MODEL OF REGIONAL SOCIO-ECONOMIC SYSTEM
«EDUCATIONAL ORGANIZATION OF HIGHER EDUCATION – EMPLOYER»**

The questions of the optimal functioning of the regional socio-economic system «educational organization of higher education – the employer» are discussed, the questions providing quality education that meets the needs of regional employers are observed, mathematical model of this system are reported in the paper.

Keywords: *mathematical model; educational organization of higher education; employer.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Federal'nyj zakon Rossijskoj Federacii № 273 ot 29.12.2012 g. «Ob obrazovanii v RF». – M.: Sbornie zakonodatel'stva Rossijskoj Federacii, 2012. – № 53. – 7598 s.; 2013. – № 19. – 2326 s.; № 30. – 4036 s.
2. Trudovoj kodeks Rossijskoj Federacii ot 30.12.2001 № 197-FZ (redakciya ot 31.12.2014)
3. Avrashkov P.P. i dr. Analiz metodov i podxodov k modelirovaniyu komponentov slozhny'x organizacionno-texnicheskix sistem / P.P. Avrashkov, A.V. Kos'kin, S.V. Terent'ev, A.I. Frolov, R.A. Vetrov // Informacionny'e sistemy' i texnologii, 2011. – № 6(68). – S. 27-34.
4. Glushkov V.M. Vvedenie v ASU. – Kiev: Tekhnika, 1974. – 188 s.
5. Kos'kin A.V. Matematicheskie modeli, ispol'zuemye pri formirovanii sistemy' upravleniya proizvodstvenno-obrazovatel'ny'mi kompleksami // Informacionny'e sistemy' i texnologii, 2008. – № 1-2. – S. 122-127
6. Mixajlov V.S. Teoriya upravleniya. – K.: Vysha shkola. Golovnoe izd-vo, 1988. – 312 s.
7. Frolova V.A., Dashkevich R.A. Problemy podgotovki inzhenerno-texnicheskix kadrov dlya regiona i puti ix resheniya // Izvestiya TulGU. E'konomicheskie i yuridicheskie nauki, 2014. – Vy'pusk 4. – Ch. 1. – S. 385-391.
8. Frolova V.A., Shemetova E.V., Frolov A.I. i dr. O formirovanii sistemy' innovacionnoj podgotovki inzhenerno-texnicheskix kadrov. Materialy' VI-j Mezhdunarodnoj nauchno-texnicheskoj konferencii «Informacionny'e texnologii v nauke, obrazovanii i proizvodstve». – Orel: «Gosuniversitet – UNPK», 2014 [Elektronnyj resurs]. – URL: <http://youconf.ru/itnop2014/materials/manager/view/391>.

УДК 620.17:004.3

В.И. АВЕРЧЕНКОВ, М.В. ТЕРЕХОВ, В.В. КОЛЯКИН

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ УЗЛОВ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ БЫСТРОГО ПРОТОТИПИРОВАНИЯ ИСПОЛЪЗУЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ

В работе описывается проведение прочностного анализа макета изделия, полученного путем послойного выращивания на 3D-принтере. Результаты анализа сравниваются с материалами той же категории, что и материал, используемый при прототипировании. Также анализируются размеры частиц данного материала, полученные с использованием оптического микроскопа. Кроме того, анализируется возможность замены исходного материала, а также импортозамещение узлов и отдельных механизмов оборудования для быстрого прототипирования.

Ключевые слова: аддитивные технологии; быстрое прототипирование; прототип; трехмерная печать; трехмерные модели; 3D-принтер.

Изготовление прототипов новых видов изделий является важным этапом в процессе их разработки. Создание качественного прототипа, максимально похожего на будущее изделие, является достаточно сложной инженерной задачей. При создании прототипа необходимо решить проблему точного повторения геометрической формы, внешнего вида и при необходимости собираемости изделия.

В последнее время популярными стали технологии быстрого прототипирования (RP – Rapid Prototyping), то есть послойного синтеза макета по компьютерной модели изделия [1].

Современные прототипы позволяют не только оценить внешний вид изделия, но и проверить элементы конструкции, провести необходимые испытания и т.д.

Использование RP-технологий в прототипировании способно существенно сократить сроки подготовки производства, практически полностью исключить длительный и трудоемкий этап изготовления опытных образцов вручную или на станках с ЧПУ [2].

В настоящее время существует целый ряд технологий быстрого прототипирования [2]. Среди них можно выделить следующие:

- стереолитография (STL – Stereolithography) [5];
- отверждение на твердом основании (SGC – Solid Ground Curing) [5];
- нанесение термопластов (FDM – Fused Deposition Modelling) [5];
- распыление термопластов (BPM – Ballistic Particle Manufacturing) [5];
- технология многосопельного моделирования (MJM – Multi Jet Modelling) [6];
- выборочное лазерное спекание (SLS – Selective Laser Sintering) [5];
- моделирование при помощи склейки (LOM – Laminated Object Modelling) [5];
- прямое лазерное спекание металлов (DMLS – Direct Metal Laser Sintering) [6];
- струйная трехмерная печать (3DP – 3D-Printing, склеивание порошков (Binding Powder by Adhesives)) [5].

Наиболее доступной и простой технологией является метод склеивания порошков [3]. Однако при создании прототипа изделия путем склеивания порошков необходима дополнительная операция – пропитывание специальным клеящим веществом – отвердителем [4].

Примеры изготавливаемых моделей изделий приведены на рисунках 1 и 2.



Рисунок 1 – Макет часовни, полученный посредством аддитивных технологий

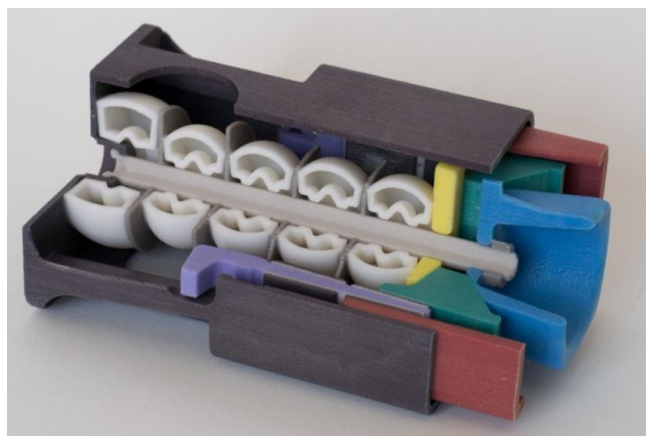


Рисунок 2 – Макет изделия, полученный посредством аддитивных технологий

На рисунке 3 также приведен пример напечатанного макета корпуса ФГБОУ ВПО «Брянский государственный технический университет».



Рисунок 3 – Макет корпуса ФГБОУ ВПО «Брянский государственный технический университет»

В качестве оборудования, способного создавать прототипы методом склеивания порошков, рассматривается 3D-принтер Zprinter 450 (рис. 4).



Рисунок 4 – 3D-принтер Zprinter 450

Основные параметры печати данного 3D-принтера [9]:

- вертикальная скорость построения объекта: 0,9 дюйм/час (23 мм/час);
- размер объекта: 8x10x8 дюймов (203x254x203 мм);
- используемые материалы: высококачественные композитные материалы;
- толщина слоя: 0,0035-0,004 дюйма (0,089-0,102 мм);
- количество сопел: 604.

В данном оборудовании используется композитный порошок на основе гипса и жидкий клей, который поступает из струйной головки и связывает частицы порошка, формируя контур модели. По окончании построения излишки порошка удаляются. После пропитки изделие обладает достаточной прочностью по сравнению с непропитанным образцом.

Было проведено исследование отдельных физико-механических свойств и точности изготовления образцов, полученных данным методом. При анализе пропитанный образец диаметром 10 мм высотой 10 мм был испытан на сжатие. В качестве нагрузочного устройства использовался универсальный пресс УП-7. Нагружение велось укладкой гирь на подвеску пресса. Передаточное отношение рычажных устройств 50. Нагружение велось ступенчато с увеличением нагрузки на образец на одной ступени 25 Н. Нагрузка увеличивалась до 2,3 кН до проявления заметной ползучести материала образца.

Деформация образца измерялась с помощью индикатора часового типа с ценой деления шкалы 0,01 мм. Индикатор устанавливался под подвеской для гирь, ее перемещение в 50 раз больше осевой линейной деформации образца. До достижения напряжений 27,7 МПа в образце наблюдались устойчивые показания индикатора для измерения деформации. При более высоких напряжениях проявлялась ползучесть материала. Диаграмма напряжений представлена на рисунке 5. Зависимость можно описать линейной функцией.

Предел прочности материала при сжатии может быть оценен числом 27,7 МПа. Он близок по значению к пределам прочности органического стекла и эпоксидного компаунда [10]. Для модуля упругости может быть дана приближенная оценка $E = 277,6$ МПа. Это на порядок меньше, чем для органического стекла и эпоксидного компаунда, которые равны соответственно $(2,8...4,9)10^3$ МПа и $(2,7...4,1)10^3$ МПа.

Данный материал обладает хорошими пластическими свойствами. До появления признаков ползучести линейная деформация составила 10%. Хрупким считается материал, остаточное удлинение которого до разрушения меньше 3%. Хотя данный материал обладает

достаточно хорошими пластическими свойствами в своем классе, прототипы на его основе не способны использоваться в качестве макетов для проверки их механических свойств.

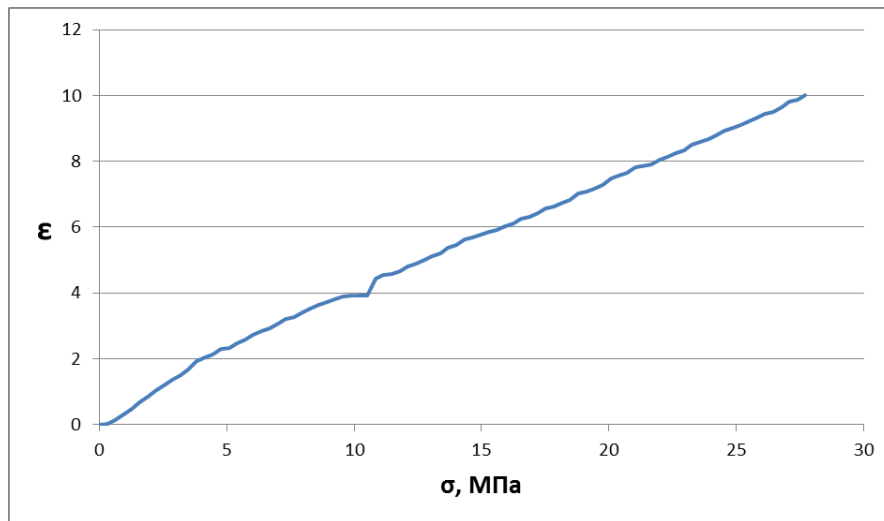


Рисунок 5 – Диаграмма напряжений

Так как данный 3D-принтер обладает достаточно простой конструкцией, существует возможность замены используемого в нем материала на материал, обладающий необходимыми свойствами и наиболее похожий на используемый.

В данном 3D-принтере используется композитный материал на основе гипса. Для подбора материалов, способных заменить данный, необходимо определить как минимум его дисперсность [11]. Размеры частиц определялись на оптическом микроскопе Leica DM IRM в отраженном свете (рис. 6).

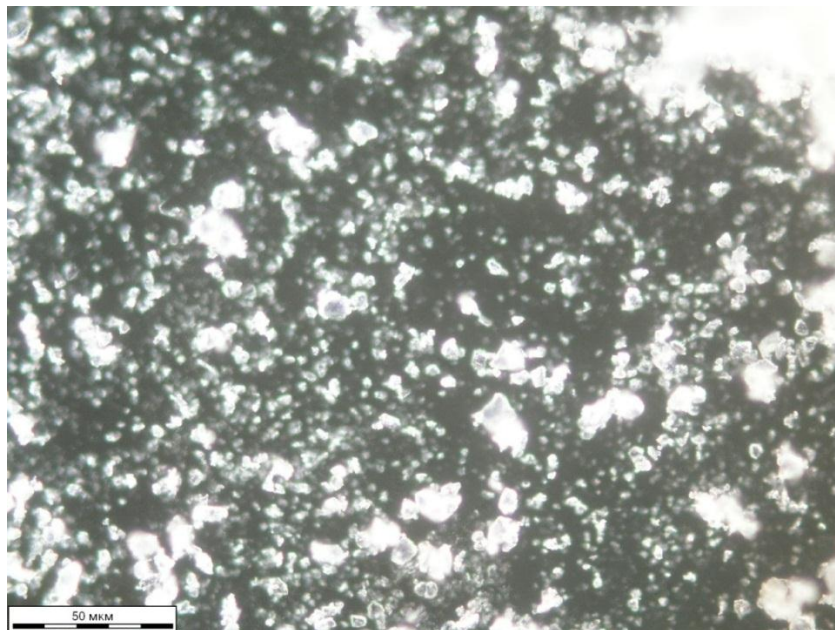


Рисунок 6 – Частицы композитного материала в отраженном свете

Как видно, при увеличении частицы материала имеют различные размеры – начиная с 54,5 мкм до 2 мкм и меньше. Исходя из этого, можно сделать вывод о том, что размер частиц используемого композитного материала не влияет на процесс печати. Наибольшее влияние оказывают дополнительные элементы, присутствующие в порошке наряду с гипсом. Данные элементы были исследованы в ходе химического анализа.

При проведении химического анализа композитного материала, используемого при печати изделий, была выявлена основная химическая формула материала, в основном содержащая CaSO_4 и ряд других химических элементов. К классу сульфатов относятся

минералы, представляющие собой соли серной кислоты. Процентное содержание серы и кальция в составе исследуемого материала – 35,82% и 34,47% соответственно. Исходя из соотношения содержания серы и кальция, можно сделать вывод о том, что наиболее подходящим заменителем исходного материала может использоваться жженный гипс. Жженный гипс или алебастр – сухой мелкий аморфный порошок белого или слегка сероватого цвета, мало растворим в воде с образованием раствора нейтральной реакции [12].

При отвердевании алебастр имеет схожие свойства с материалом, используемым при печати. Основным отличием алебаstra от используемого при печати композитного материала является содержание дополнительных химических элементов в последнем – таких, как магний, кремнезем, силиция, калий.

Исходя из проведенного анализа материалов-заменителей, можно сделать вывод о возможном импортозамещении исходного материала, используемого при печати изделий на 3D-принтере. Кроме того, в настоящее время остро стоит вопрос импортозамещения не только расходных материалов, но и обособленных узлов оборудования для быстрого прототипирования и 3D-принтера в целом.

Система, используемая для печати макетов изделий на рассматриваемом 3D-принтере, схожа с системами, используемыми в струйных плоттерах. Узлы, отвечающие за подачу клеящего вещества и цветную печать, поддаются замене, следовательно, существует потенциальная возможность их импортозамещения. Механизмы, реализующие передвижение печатающей головки, а также механизмы, отвечающие за распределение композитного материала, являются узлами с сервоприводами, управляемыми микроконтроллерами. Данные узлы оборудования для быстрого прототипирования также поддаются импортозамещению. Однако на первых этапах невозможно достижение сопоставимой скорости и точности работы данных узлов. К механизмам, отвечающим за работу с композитным материалом, а именно, за его перемешивание и подачу, не предъявляются требования к точности, поэтому импортозамещение данных компонентов является наименее проблематичным.

Наибольшую сложность при импортозамещении представляют микроконтроллеры, управляющие всеми узлами оборудования и процессом печати, и программное обеспечение. Программное обеспечение оборудования для быстрого прототипирования состоит из программного обеспечения, работающего на уровне микроконтроллеров, т.е. на уровне оборудования, и программного обеспечения высшего уровня, работающего на ЭВМ. Низкоуровневое программное обеспечение отвечает за управление всеми узлами оборудования для прототипирования. Высокоуровневое программное обеспечение отвечает за подготовку трехмерных моделей печатаемых изделий и передачу данной информации оборудованию для дальнейшей печати. Для полного импортозамещения программного обеспечения необходимо разработать как ПО для микроконтроллеров, так и ПО для ЭВМ.

Импортозамещение технологий быстрого прототипирования является актуальной задачей, но сталкивается с определенными трудностями, такими, как отсутствие механизмов-аналогов, отклонение от необходимых характеристик оборудования, а также необходимость разработки программного обеспечения под конкретное оборудование.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Friedrich B. Prinz. Rapid Prototyping in Europe and Japan, 1996. –166 p.
2. Слюсар В.И. Фаббер-технологии: сам себе конструктор и фабрикант // Конструктор, 2002. – № 1. – С. 5-7.
3. Слюсар В.И. Фаббер-технологии. Новое средство трехмерного моделирования // Электроника: наука, технология, бизнес, 2003. – № 5. – С. 54-60.
4. Слюсар В.И. Фабрика в каждый дом // Вокруг света, 2008. – № 1. – С. 96-102.
5. Технологии 3D-печати. Принципы, возможности, расходные материалы, цены [Электронный ресурс] – URL: http://www.ixbt.com/printer/3d/3d_tech.shtml.

6. Jeffrey P. Freidberg. Plasma Physics and Fusion Energy – Cambridge University Press, 2007. – ISBN 978-0-521-85107-7.
7. Excell Jon. The rise of additive manufacturing // The engineer. Retrieved, 2013.
8. 3D=Printer Technology – Animation of layering // Create It Real. Retrieved, 2012.
9. ZPrinter 450 [Электронный ресурс]. – URL: http://www.zcorp.com/ru/Products/3D_Printers/138/spage.aspx.
10. ГОСТ 10667-90. Стекло органическое листовое. Технические условия.
11. Дисперсные системы // Химическая энциклопедия. – Т. 2. – М.: Советская энциклопедия, 1990. – С. 80-82.
12. Халецкий А.М. Фармацевтическая химия. – Л.: Медицина, 1966. – 706 с.
13. Петрянов-Соколов И. В. Популярная библиотека химических элементов. Водород-хром. – М.: Наука, 1971. – 359 с.
14. Аверченков В.И., Терехов М.В., Колякин В.В. Изготовление прототипов сложных изделий посредством аддитивных технологий // Известия Международной ассоциации славянских ВУЗов, 2015.

Аверченков Владимир Иванович

ФГБОУ ВПО Брянский государственный технический университет, г. Брянск

Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Компьютерные технологии и системы»

E-mail: aver@tu-bryansk.ru

Терехов Максим Владимирович

ФГБОУ ВПО Брянский государственный технический университет, г. Брянск

Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Компьютерные технологии и системы»

E-mail: malt86@mail.ru

Колякин Владислав Валерьевич

ФГБОУ ВПО Брянский государственный технический университет, г. Брянск

Аспирант кафедры «Компьютерные технологии и системы»

E-mail: vladislavkol93@mail.ru

*V.I. AVERChENKOV (Doctor of Engineering Sciences, Professor,
Head of the Department «Computer Technologies and Systems»)*

*M.V. TEREXOV (Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of the Department «Computer Technologies and Systems»)*

*V.V. KOLYaKIN (Post-graduate Student of the Department «Computer Technologies and Systems»
Bryansk State Technical University, Bryansk)*

**ANALYSIS OF OPPORTUNITIES FOR IMPORT SUBSTITUTION
OF EQUIPMENT AND MATERIALS FOR RAPID PROTOTYPING**

The paper describes the conducting of structural analysis of model obtained by layering growing on the 3D-printer. The analysis results are compared with the materials of the same category as the material used in prototyping. Also analyzed particle sizes of the material obtained by using an optical microscope. Furthermore, it analyzes the possibility of replacing the starting material, as well as import substitution nodes and separate mechanisms for rapid prototyping equipment.

Keywords: *additive technologies; rapid prototyping; prototype; three dimensional printing; 3D-models; 3D-printer.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Friedrich B. Prinz. Rapid Prototyping in Europe and Japan, 1996. –166 p.
2. Slyusar V.I. Fabber-texnologii: sam sebe konstruktor i fabrikant // Konstruktor, 2002. – № 1. – С. 5-7.
3. Slyusar V.I. Fabber-texnologii. Novoe sredstvo trexmernogo modelirovaniya // E'lektronika: nauka, texnologiya, biznes, 2003. – № 5. – С. 54-60.
4. Slyusar V.I. Fabrika v kazhdy'j dom // Vokrug sveta, 2008. – № 1. – С. 96-102.

5. Texnologii 3D-pechati. Principy, vozmozhnosti, rasxodny'e materialy', ceny' [E'lektronny'j resurs] – URL: http://www.ixbt.com/printer/3d/3d_tech.shtml.
6. Jeffrey P. Freidberg. Plasma Physics and Fusion Energy – Cambridge University Press, 2007. – ISBN 978-0-521-85107-7.
7. Excell Jon. The rise of additive manufacturing // The engineer. Retrieved, 2013.
8. 3D=Printer Technology – Animation of layering // Create It Real. Retrieved, 2012.
9. ZPrinter 450 [E'lektronny'j resurs]. – URL: http://www.zcorp.com/ru/Products/3D_Printers/138/spage.aspx.
10. GOST 10667-90. Steklo organicheskoe listovoe. Texnicheskie usloviya.
11. Dispersnye sistemy' // Ximicheskaya e'nciklopediya. – T. 2. – M.: Sovetskaya e'nciklopediya, 1990. – S. 80-82.
12. Xaleckij A.M. Farmaceuticheskaya ximiya. – L.: Medicina, 1966. – 706 s.
13. Petryanov-Sokolov I. V. Populyarnaya biblioteka ximicheskix e'lementov. Vodorod-xrom. – M.: Nauka, 1971. – 359 s.
14. Averchenkov V.I., Terexov M.V., Kolyakin V.V. Izgotovlenie prototipov slozhny'x izdelij posredstvom additivny'x texnologij // Izvestiya Mezhdunarodnoj associacii slavyanskix VUZov, 2015.

УДК 681.5

А.В. БЕЛОУСОВ, А.Г. ГРЕБЕНИК, Ю.А. КОШЛИЧ

АНАЛИЗ КОРРЕЛЯЦИОННОЙ ВЗАИМОСВЯЗИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПЕРЕМЕННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕМ И ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЕМ ЗДАНИЙ

В статье рассматривается вопрос взаимосвязи технологических переменных систем управления энергоснабжением и жизнеобеспечением зданий и возможности ее использования для повышения эффективности управления разнородными видами систем. Проведен анализ корреляционной взаимосвязи температуры наружного воздуха и электропотребления и сделан вывод о возможности применения результатов исследования для эффективного управления теплоснабжением.

Ключевые слова: *автоматизированная система диспетчерского управления; АСДУ; энергоэффективность; энергоснабжение; электроснабжение; теплоснабжение; корреляция; корреляционная зависимость.*

Основу систем энергоснабжения и жизнеобеспечения зданий представляют автономные фрагменты инженерной инфраструктуры, являющиеся локальными системами управления теплоснабжением, горячим водоснабжением, электроснабжением, которые функционируют разрозненно друг от друга. Одной из актуальных задач является выявление и использование взаимосвязей между этими подсистемами на уровне технологических переменных с целью рационализации потребления разнородных энергоресурсов.

Технологические мероприятия [1], направленные на повышение энергетической эффективности, подразумевают внедрение энергосберегающих автоматизированных систем диспетчерского управления, которые позволяют осуществлять мониторинг, вести учет и централизованно управлять распределенными объектами. Типовые АСДУ объединяют в себе несколько узлов учета энергоносителей и локальных систем автоматического управления энергоснабжением и жизнеобеспечением зданий (системы управления теплоснабжением, горячим водоснабжением, вентиляцией и др.) [2-4]. Но, как правило, в процессе управления разнородными системами информация об их взаимосвязи не учитывается. Это приводит к нерациональному использованию энергоресурсов, когда, например, конечному потребителю приходится использовать дополнительное электрообогревательное оборудование для обеспечения комфортной температуры внутри помещения при снижении температуры наружного воздуха.

Даже в энергоэффективных системах теплоснабжения [7], использующих погодозависимое управление, встает вопрос обеспечения комфортной температуры в большом количестве помещений, если речь идет о жилом микрорайоне, кампусе высшего учебного заведения, включающим учебные корпуса, общежития и т.д. в условиях постоянно меняющейся внешней среды, нестационарности объектов автоматизации и различных свойств ограждающих конструкций зданий. Настройка погодозависимого регулятора не является гибкой и, следовательно, не позволяет в полной мере учесть резкие изменения температуры наружного воздуха в переходные сезоны года, инерцию датчиков, транспортные запаздывания в трубопроводах системы отопления, большие постоянные времени и нестационарность технологических объектов. Кроме того, влияние на температуру в помещениях оказывает большое число таких факторов, как количество человек внутри, работающее оборудование, выделяющее тепло и т.д. Поэтому для повышения эффективности теплоснабжения необходимо выявить взаимосвязь основных технологических переменных систем энергоснабжения и жизнеобеспечения и проанализировать возможность использования этой информации для энергоэффективного управления ими.

Косвенно оценить качество обеспечения заданной температуры возможно по характеру электропотребления. Возрастающее потребление электроэнергии, когда изменение температуры теплоносителя систем отопления происходит со значительным запаздыванием вследствие резких суточных изменений температуры окружающей среды, можно с некоторой степенью достоверности идентифицировать как использование электрообогревателей для достижения комфортных условий. Однако в этом случае необходимо исключить влияние остальных факторов, поскольку повышение мгновенной мощности может также означать включение вспомогательного технологического оборудования, систем освещения, бытовой техники и др.

Для выявления степени влияния условий окружающей среды, а именно температуры наружного воздуха на электропотребление, был осуществлен сбор и анализ технологической информации при помощи АСДУ распределенными энергоресурсами БГТУ им. В.Г. Шухова [3, 4, 12]. Для анализа были выбраны данные за 2012, 2013 и 2014 годы для нескольких корпусов университета, а именно – для главного учебного корпуса и общежитий БГТУ им. В.Г. Шухова. На рисунке 5 приведены распределения среднемесячных температур и электропотребления в течение трех лет.

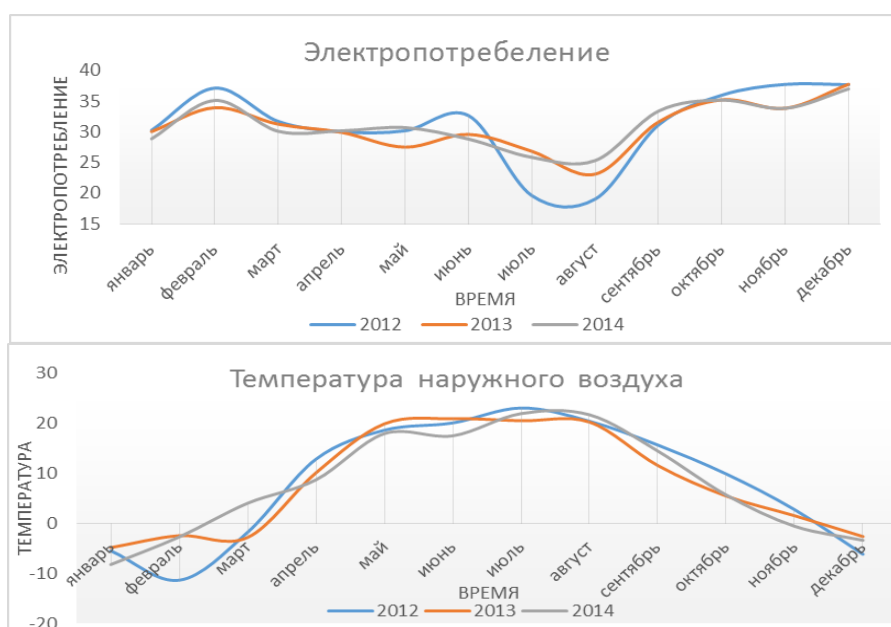


Рисунок 5 – Температура наружного воздуха и электропотребление главного корпуса за 2012-2014 годы

Степень корреляции рассматриваемых параметров составляет для 2012, 2013 и 2014 годов -0.66, -0.723 и -0.618 соответственно, что позволяет сделать вывод о целесообразности данного подхода.

Одним из вариантов выборки данных для выявления корреляционных зависимостей между температурой окружающей среды и электропотреблением в главном корпусе БГТУ им. В.Г. Шухова является определение средних значений температуры и потребления активной мощности электроэнергии с шагом 30 мин в течение суток за отдельно взятый месяц. Распределение средних значений температур и электропотребления в течение одного дня февраля 2013 года представлены на рисунке 6.

На основании анализа данных были получены следующие коэффициенты корреляционных зависимостей по месяцам (табл. 1).

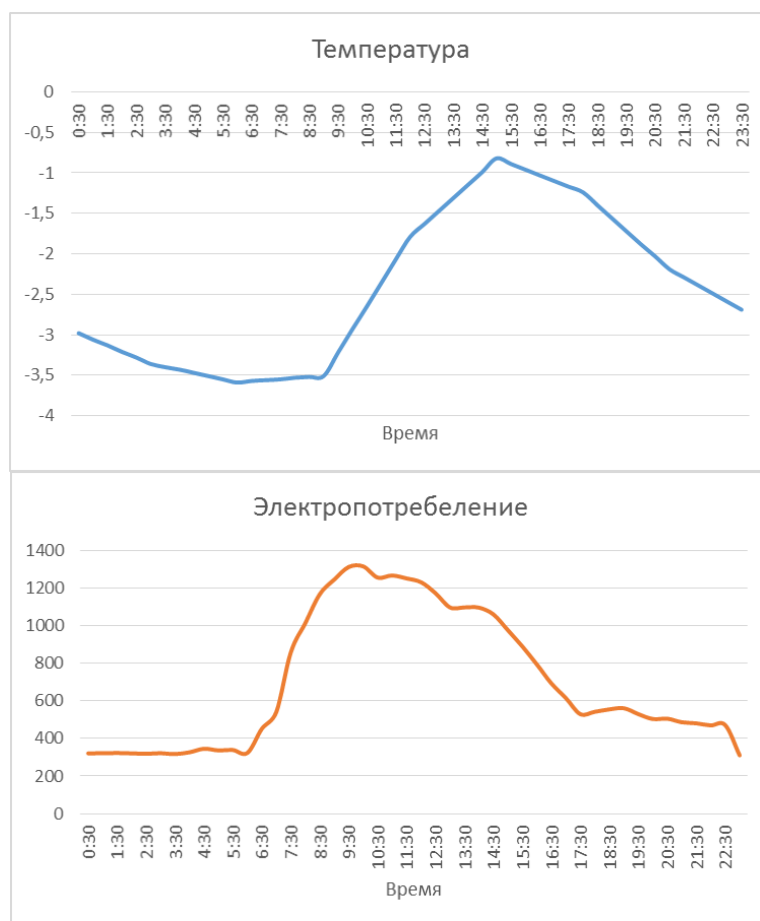


Рисунок 6 – Распределение средних значений температуры наружного воздуха и потребляемой мощности электроэнергии в течение дня в главном корпусе БГТУ им. В.Г. Шухова в феврале 2013 года

Таблица 1 – Коэффициенты корреляции температуры наружного воздуха и электропотребления по месяцам

Месяц:	Янв.	Фев.	Мрт.	Апр.	Май	Июн.	Июл.	Авг.	Сен.	Окт.	Нбр.	Дек.
К-т коррел.	0.223	0.286	0.328	0.468	0.691	0.662	0.572	0.601	0.577	0.452	0.204	0.109

График изменения степени корреляционной взаимосвязи температуры наружного воздуха и электропотребления представлен на рисунке 7.

При рассмотрении только отопительного сезона с целью исключения влияния климатического электрооборудования (кондиционеров), из-за которого происходит увеличение корреляционных взаимосвязей между рассматриваемыми величинами, была получена следующая зависимость степени корреляции от времени года (рис. 8).

По результатам полученных в ходе пассивного эксперимента и математической обработки данных можно сделать вывод о необходимости использования для формирования управляющих воздействий именно усредненных значений технологических переменных, так как они позволяют избежать или минимизировать влияние случайных воздействий, таких, как неравномерность распределения во времени посещаемости зданий персоналом, несистематизированность использования лабораторного или иного оборудования, резких перепадов температуры или других метеорологических явлений. Кроме того, анализ полученных зависимостей позволяет сделать вывод о том, что в переходные сезоны года (весна, осень) при снижении величины уставки температуры теплоносителя систем теплоснабжения в связи с увеличением температуры окружающей среды корреляционная

зависимость между потребляемой мощностью электроэнергии и температурой окружающей среды возрастает. Это явление связано с тем, что погодозависимое регулирование не позволяет учесть резкие изменения климатических условий ввиду жесткости настроек регулятора и свидетельствует о включении в сеть электроснабжения дополнительного оборудования – предположительно, индивидуальных источников тепла.



Рисунок 7 – Изменение степени корреляционной зависимости температуры наружного воздуха и электропотребления в 2013 г.

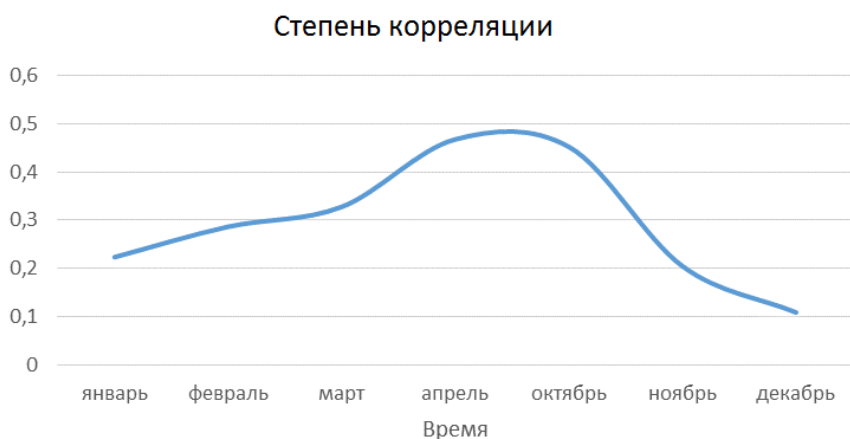


Рисунок 8 – Изменение степени корреляционной зависимости температуры наружного воздуха и электропотребления в отопительный период 2013 г.

На основании данного вывода можно говорить о возможности использования полученных моделей при формировании управляющих воздействий систем теплоснабжения в качестве средств косвенной оценки температурного режима помещений и организации обратных связей по температуре для достижения наилучших показателей функционирования. Для повышения степени адекватности математических моделей в дальнейшем целесообразно осуществить корреляционный анализ других факторов, в той или иной мере влияющих на электропотребление в помещениях: количество людей в различные моменты времени, климатические изменения, такие, как облачность, сила и направление ветра и т.д. Полученные результаты могут быть использованы для синтеза устройств управления, позволяющих на основе приведенных корреляционных зависимостей осуществлять адаптацию алгоритмов управления под текущие условия с учетом значений технологических переменных локальных САР, интегрированных в АСДУ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белоусов А.В. и др. Демонстрационная зона по энергосбережению БГТУ им. В.Г. Шухова – база для развития энергоэффективных проектов в регионе // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит, 2013. – № 10(116). – С. 10-17.
2. Белоусов А.В. и др. Перспективы применения современных статистических и детерминированных методов прогнозирования в системах мониторинга энергопотребления // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова, 2012. – № 4. – С.192-196.
3. Белоусов А.В., Кошлич Ю.А., Гребеник А.Г. Web-диспетчеризация автоматизированных систем диспетчерского управления распределенными объектами // Фундаментальная информатика, информационные технологии и системы управления: реалии и перспективы. ФПТМ-2014: материалы международной научно-практической конференции, 2014. – Красноярск: Сибирский федеральный университет. – С. 26-30.
4. Инженерный центр «Корпоративные системы». Реализованные проекты [Электронный ресурс]. – URL: <http://ntk.intbel.ru>.
5. Научно-производственное объединение КАРАТ [Электронный ресурс]. – URL: http://www.karat-npo.ru/view_text/id/166.htm
6. ООО «Эксперт-ПРОЕКТ» [Электронный ресурс]. – URL: <http://ekspert-proekt.ru/>
7. Козин В.Е. и др. Теплоснабжение. – М.: Высшая школа, 1980. – 408 с.
8. Подлесный Н.И., Рубанов В.Г. Элементы систем автоматического управления и контроля. – Киев: Выща школа, 1991. – 461с.
9. Рубанов В.Г. Теория автоматического управления (математические модели, анализ и синтез линейных систем): учебное пособие. – Ч. I. – 2-е изд., стер. – Белгород: Издательство БГТУ, 2009. – 199 с.
10. Рубанов В.Г. Теория автоматического управления (нелинейные, оптимальные и цифровые системы): учебное пособие. – Ч. II. – Белгород: Издательство БГТУ, 2006. – 256 с.
11. Рубанов В.Г. Теория автоматического управления (статистическая динамика систем управления): учебное пособие. – Ч. III. – Белгород: Издательство БГТУ, 2010. – 126 с.
12. Карандеев Д.Ю. Влияние температуры окружающей среды на электропотребление большого города // Современные научные исследования и инновации, 2015. – № 2 [Электронный ресурс]. – URL: <http://web.snauka.ru/issues/2015/02/46815> (дата обращения: 09.02.2015).

Белоусов Александр Владимирович

Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова, г. Белгород
Кандидат технических наук, профессор, профессор кафедры технической кибернетики, директор энергетического института, начальник управления информатизации и коммуникаций
Тел.: 8 (4722) 30-99-65
E-mail: ntk@intbel.ru

Гребеник Артём Григорьевич

Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова, г. Белгород
Магистрант, инженер, ассистент кафедры электроэнергетики и автоматики
Тел.: 8 910 228 14 90
E-mail: iitusnik@gmail.com

Кошлич Юрий Алексеевич

Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова, г. Белгород
Ведущий инженер, ассистент кафедры электроэнергетики и автоматики
Тел.: 8 909 200 44 58
E-mail: koshlich@yandex.ru

A.V. BELOUSOV (*Candidate of Engineering Sciences, Professor, Professor of the Department of Technical Cybernetics, Director of the Energy Institute, Head of Department of Information and Communications*)

A.G. GREBENIK (*Master Student, Engineer, Assistant of the Department of Electricity and Automation*)

Yu.A. KOSHlich (Senior Engineer, Assistant of the Department of Electricity and Automation)
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Belgorod

THE CORRELATION ANALYSIS OF TECHNOLOGICAL VARIABLES OF ENERGY SUPPLY AND LIFE SUPPORT CONTROL SYSTEMS

The article discusses the relationship between technological variables of energy supply and life-support control systems of buildings and the possibility of its use to improve energy efficiency of different types of systems. The analysis of correlations between outdoor temperature and electricity consumption and the conclusion about the possibility of using research results for efficiency energy supply control were made.

Keywords: automated dispatch control system; ADCS; energy efficiency; electricity; power supply; heat supply; correlation.

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Belousov A.V. i dr. Demonstracionnaya zona po e'nergoberezheniyu BGTU im. V.G. Shukova – baza dlya razvitiya e'nergoeffektivny'x proektov v regione // E'nergoberezhenie. E'nergetika. E'nergoaudit, 2013. – № 10(116). – S. 10-17.
2. Belousov A.V. i dr. Perspektivy' primeneniya sovremenny'x statisticheskix i determinirovanny'x metodov prognozirovaniya v sistemax monitoringa e'nergopotrebleniya // Vestnik BGTU im. V.G. Shukova, 2012. – № 4. – S.192-196.
3. Belousov A.V., Koshlich Yu.A., Grebenik A.G. Web-dispatcherizatsiya avtomatizirovanny'x sistem dispatcherskogo upravleniya raspredelenny'mi ob'ektami // Fundamental'naya informatika, informatsionny'e tekhnologii i sistemy' upravleniya: realii i perspektivy'. FIITM-2014: materialy' mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii / otvetstvenny'j za vy'pusk B.V. Olejnikov. – Krasnoyarsk: Sibirskij federal'ny'j universitet, 2014. – S. 26-30.
4. Inzhenerny'j centr «Korporativny'e sistemy'». Realizovanny'e proekty' [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://ntk.intbel.ru>.
5. Nauchno-proizvodstvennoe ob''edinenie KARAT [E'lektronny'j resurs]. – URL: http://www.karat-npo.ru/view_text/id/166.htm
6. ООО «E'kspert-PROEKT» [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://ekspert-proekt.ru/>
7. Kozin V.E. i dr. Teplosnabzhenie. – M.: Vy'sshaya shkola, 1980. – 408 s.
8. Podlesny'j N.I., Rubanov V.G. E'lementy' sistem avtomaticheskogo upravleniya i kontrolya. – Kiev: Vy'shha shkola, 1991. – 461s.
9. Rubanov V.G. Teoriya avtomaticheskogo upravleniya (matematicheskie modeli, analiz i sintez linejny'x sistem): uchebnoe posobie. – Ch. I. – 2-e izd., ster. – Belgorod: Izdatel'stvo BGTU, 2009. – 199 s.
10. Rubanov V.G. Teoriya avtomaticheskogo upravleniya (nelinejny'e, optimal'ny'e i cifrovye sistemy'): uchebnoe posobie. – Ch. II. – Belgorod: Izdatel'stvo BGTU, 2006. – 256 s.
11. Rubanov V.G. Teoriya avtomaticheskogo upravleniya (statisticheskaya dinamika sistem upravleniya): uchebnoe posobie. – Ch. III. – Belgorod: Izdatel'stvo BGTU, 2010. – 126 s.
12. Karandeev D.Yu. Vliyaniye temperatury' okruzhayushhej sredy' na e'lektropotrebleniye bol'shogo goroda // Sovremennyye nauchny'e issledovaniya i innovatsii, 2015. – № 2 [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://web.snauka.ru/issues/2015/02/46815> (data obrashheniya: 09.02.2015).

УДК 621.391.31

Н.А. ОРЕШИН, А.Н. ОРЕШИН, В.С. ШУМИЛИН, В.А. ПЕТРОВ

МНОГОПРОДУКТОВАЯ МНОГОПОЛЮСНАЯ ПОТОКОВАЯ МОДЕЛЬ ПЕРВИЧНОЙ СЕТИ СВЯЗИ

В статье рассматриваются математические аспекты оценки пропускной способности первичной сети связи на основе использования многопродуктовой многополюсной потоковой модели.

Ключевые слова: пропускная способность; потоковая модель; первичная сеть связи.

Развитие первичных сетей связи на современном этапе характеризуется, с одной стороны, сокращением их численности в пределах, определяемых принципом разумной достаточности, с другой стороны – повышением эффективности использования имеющейся и создаваемой техники телекоммуникации.

Первичные сети связи являются дорогостоящими сложными техническими системами. Однако возможности имеющихся первичных сетей связи в настоящее время используются лишь частично из-за недостаточной теоретической проработки вопросов их оптимального проектирования и использования.

Под эффективностью использования первичной сети связи понимается степень ее соответствия своему предназначению, а определение этой степени соответствия осуществляется с помощью критерия, под которым обычно понимают признак, мерило, суждение, правило, на основе которого производится оценка.

Основным свойством первичной сети связи, определяющим ее предназначение – передачу информационных потоков, необходимых для реализации функций управления, – является пропускная способность. Поэтому первоочередной задачей при планировании связи является обеспечение заданной пропускной способности направления связи при минимальном объеме затрат ресурса средств связи.

В связи с этим выбор структуры сети, определение емкостей ее линий должны осуществляться таким образом, чтобы выполнить требования по пропускной способности направлений связи при одновременном их функционировании, задействовав для этого минимально возможное число средств каналаобразования.

Известно, что пропускная способность первичной сети связи определяется не только структурой и емкостями линий связи, но и выбранным планом распределения каналов и трактов в сети.

От того, насколько оптимально составлен этот план, зависит величина суммарной канальной емкости, необходимой для реализации заданных требований направлений в каналах связи, а также эффективность использования каждым из направлений связи пропускной способности сети.

Очевидно, что повышение эффективности использования существующих и создаваемых сетей связи в оговоренном смысле возможно лишь в результате решения ряда оптимизационных задач на основе многопродуктовой многополюсной потоковой модели, представленной на рисунке 1.

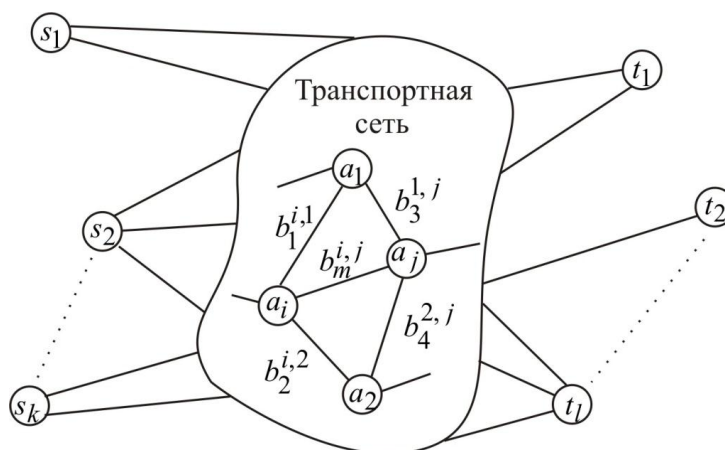


Рисунок 1 – Многопродуктовая многополюсная модель первичной сети связи

Многопродуктовая многополюсная потоковая модель предназначена для оценки пропускной способности первичной сети связи и имеет следующий вид:

$$G = (A, B, S, T, N, C, W, V, \Pi^{S,T}, f^{S,T}(\chi)),$$

где $A = \{a_n / n = \overline{1, N}\}$ – множество вершин (узлов) модели; N – количество вершин (узлов) модели;

$B = \{b_m^{i,j} / m = \overline{1, M}; i, j = \overline{1, N}\}$ – множество ветвей модели; M – количество ветвей модели;

$S = \{s_k / k = \overline{1, K}\}$ – множество истоков модели, причем $K < N$; K – количество истоков модели;

$T = \{t_l / l = \overline{1, L}\}$ – множество стоков модели, причем $L < N$; L –

количество стоков модели; $W = \{w_d^{s_k, t_l} / d = \overline{1, D}; k = \overline{1, K}; l = \overline{1, L}\}$ – множество

корреспондирующих пар модели (направлений); D – количество корреспондирующих пар

модели; $w_d^{s_k, t_l} = \{s_k, t_l\}$ – d -ая корреспондирующая пара узлов; $Q = \{q_e^{s_k, T^l} / i, j = \overline{1, N}\}$ –

множество групп направлений, организуемых в модели; $q_e^{s_k, T^l}$ – e -ая группа направлений,

организуемых между истоком s_k и множеством произвольных стоков T^l ; E – количество

групп направлений; $C = \{c_m^{i,j} / m = \overline{1, M}; i, j = \overline{1, N}\}$ – множество пропускных способностей

ребер $b_m^{i,j} \in B$, соединяющих вершину a_i с вершиной a_j ;

$V = \{v_d^{k,l} / d = \overline{1, D}; k = \overline{1, K}; l = \overline{1, L}\}$ – множество требований в каналах $v_d^{k,l}$ d -го

направления связи, образованного между истоком s_k и стоком t_l ;

$\Pi^{S,T} = \{\Pi^{s_k, t_l} / k = \overline{1, K}; l = \overline{1, L}\}$ – множество путей, организуемых в потоковой модели;

$\Pi^{s_k, t_l} = \{\pi_p^{s_k, t_l} / p = \overline{1, P}\}$ – множество путей, организуемых между узлами s_k и t_l ; P –

мощность множества путей; $f^{S,T}(\chi)$ – многопродуктовый многополюсный поток,

являющейся целочисленной функцией от структурно-метрического разложения $\chi(A, B, C, S, T, V, W)$, удовлетворяющей следующим условиям:

1. Поток, протекающий по p -тому пути $\pi_p^{s_k, t_l} \in \Pi^{s_k, t_l}$, не превышает минимальной пропускной способностью ветви $b_m^{i, j}$, входящей в этот путь:

$$\forall \pi_p^{s, t} \in \Pi^{s, T}$$

$$f^{\pi_p^{s, t}} \leq \min [c^{i, j} \in C / b^{i, j} \in \pi_p^{s, t_l}]. \quad (1)$$

2. Направление протекания потока в $b_m^{i, j}$ ветви по пути $\pi_p^{s_k, t_l}$ удовлетворяет следующим соотношениям:

$$\forall b_m^{i, j} \in \pi_p^{s_k, t_l}$$

$$f^{b_m^{i, j}} = y_p^{i, j} \cdot f^{\pi_p^{s_k, t_l}}; \quad (2)$$

$$y_p^{i, j} = \begin{cases} 1, & \text{если } \bar{b}_m^{i, j} \in \pi_p^{s_k, t_l}; \\ 0, & \text{если } \bar{b}_m^{i, j} \notin \pi_p^{s_k, t_l}; \\ -1, & \text{если } \bar{b}_m^{j, i} \in \pi_p^{s_k, t_l}. \end{cases} \quad (3)$$

3. Величина потока f^{w_d} в направлении w_d равна сумме величин потоков $f^{\pi_p^{s_k, t_l}}$ по всем путям $\pi_p^{s_k, t_l}$, организуемым в интересах данного направления:

$$f^{w_d} = \sum_{\pi_p^{s_k, t_l} \in \Pi^d} f^{\pi_p^{s_k, t_l}}, \quad (4)$$

где Π^d – множество путей, организуемых в интересах d -ого направления.

4. Величина потока $f^{q_e^{s_k, T^l}}$ в группе направлении $q_e^{s_k, T^l}$ равна сумме величин потоков $f^{\pi_p^{s_k, t_l}}$ по всем путям $\pi_p^{s_k, t_l}$, организуемым в интересах данной группы направлений

$$f^{q_e^{s_k, T^l}} = \sum_{\pi_p^{s_k, t_l} \in \Pi^{q_e}} f^{\pi_p^{s_k, t_l}}, \quad (5)$$

где Π^{q_e} – множество путей, организуемых в интересах $q_e^{s_k, T^l}$ -ой группы направлений.

5. Величина потока $f^{q_e^{s_k, T^l}}$ в группе направлении $q_e^{s_k, T^l}$ равна сумме величин потоков f^{w_d} по всем направлениям, входящих в данную группу:

$$f^{q_e^{s_k, T^l}} = \sum_{w_d \in q_e^{s_k, T^l}} f^{w_d}. \quad (6)$$

6. Величина потока $f^{S, T}(\chi)$ равна сумме величин потоков $f^{\pi_p^{s_k, t_l}}$ по всем путям, организуемым в потоковой модели

$$f^{S, T}(\chi) = \sum_{p=1}^P f^{\pi_p^{s_k, t_l}}. \quad (7)$$

7. Величина потока $f^{S, T}(\chi)$ равна сумме величин потоков $f^{q_e^{s_k, T^l}}$ по всем группам направлений $q_e^{s_k, T^l}$

$$f^{S, T}(\chi) = \sum_{e=1}^E f^{q_e^{s_k, T^l}}. \quad (8)$$

8. Величина потока $f^{S, T}(\chi)$ равна сумме величин потоков f^{w_d} по всем направлениям w_d

$$f^{S, T}(\chi) = \sum_{d=1}^D f^{w_d}. \quad (9)$$

9. Величина потока $f^{b_m^{i, j}}$ в ветви $b_m^{i, j}$ равна сумме по модулю величин потоков $f^{q_e^{s_k, T^l}}$ по всем группам направлений, включающих в себя эту ветвь

$$\forall b_m^{i, j} \in B$$

$$f^{b_m^{i, j}} = \sum_{b_m^{i, j} \in q_e^{s_k, T^l}} \left| f^{q_e^{s_k, T^l}} \right|. \quad (10)$$

10. Величина потока $f^{b_m^{i, j}}$ в ветви $b_m^{i, j}$ удовлетворяет соотношениям:

$$\forall b_m^{i, j} \in B$$

$$f^{b_m^{i, j}} \leq \sum_{p=1}^P f^{\pi_p^{s_k, t_l}}; \quad (11)$$

$$f^{b_m^{i, j}} \leq \sum_{e=1}^E f^{q_e^{s_k, T^l}}. \quad (12)$$

11. Величина потока в ветви не превышает величины пропускной способности этой ветви

$$\forall b_m^{i, j} \in B$$

$$f^{b_m^{i, j}} \leq c_m^{i, j}. \quad (13)$$

Эти условия учитывают законы протекания однопродуктового двухполюсного и многопродуктового потоков для направлений и групп направлений связи при их

независимом и совместном использовании, а также определяют оптимальное разбиение сложной системы на параллельно соединенные подсистемы.

Данная многопродуктовая многополюсная потоковая модель первичной сети связи обладает следующими достоинствами:

- адекватность отражения структуры первичной сети связи;
- адекватность отражения алгоритма функционирования первичной сети связи;
- ориентированность на проектирование сложных систем;
- ориентированность на исследование задач большой размерности, недостижимых на практике традиционными методами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Еременко В.Т. Основы построения информационно-телекоммуникационных систем: учебное пособие. – Орел: ОрЮИ МВД России, 1999. – Ч. 2. – 129 с.
2. Еременко В.Т. и др. Теория информации и информационных процессов: монография / В.Т. Еременко, И.С. Константинов, А.В. Коськин, В.А. Лобанова и др.; под ред. д.т.н. В.Т. Еременко, д.т.н. А.П. Фисуна. – Орел: ОГУ, ОрелГТУ, 2008. – 478 с.
3. Филлипс Д., Гарсиа-Диас А. Методы анализа сетей: пер. с англ. под ред. Сушкова Б.Г. – М.: Мир, 1984. – 496 с.
4. Форд А., Фалкерсон Д. Потоки в сетях: пер. с англ. Вайнштейн И.А. – М.: Мир, 1966. – 276 с.
5. Берж К. Теория графов и ее применение: пер. с англ. – М.: Иностранная литература, 1962. – 320 с.
6. Басакер Р., Саати Т. Конечные графы и сети: пер. с англ. под ред. Теймана А.И. – М.: Наука, 1973. – 368 с.
7. Фрэнк Г., Фриш И. Сеть связи и потоки: под ред. Поспелова. – М.: Связь, 1978. – 448 с.

Орешин Николай Алексеевич

Академия ФСО России, г. Орел
Кандидат технических наук, профессор
Тел.: 8 (4862) 54-96-91

Орешин Андрей Николаевич

Академия ФСО России, г. Орел
Кандидат технических наук, доцент
Тел.: 8 (4862) 54-98-28

Шумилин Вячеслав Сергеевич

Академия ФСО России, г. Орел
Сотрудник
Тел.: 8 (4862) 54-96-91

Петров Виталий Александрович

Академия ФСО России, г. Орел
Сотрудник

N.A. OREShIN (*Candidate of Engineering Sciences, Professor*)

A.N. OREShIN (*Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor*)

V.S. ShUMILIN (*Employee*)

V.A. PETROV (*Employee*)

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

**MULTI-PRODUCT MULTI-POLE STREAMING MODEL
OF THE PRIMARY COMMUNICATION NETWORK**

The article deals with the mathematical aspects of assessing the capacity of the primary communication network, based on the use of multi-product multi-pole streaming model.

Keywords: *bandwidth; streaming model; primary communication network.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Eremenko V.T. Osnovy' postroeniya informacionno-telekommunikacionny'x sistem: uchebnoe posobie. – Orel: OrYuI MVD Rossii, 1999. – Ch. 2. – 129 s.
2. Eremenko V.T. i dr. Teoriya informacii i informacionny'x processov: monografiya / V.T. Eremenko, I.S. Konstantinov, A.V. Kos'kin, V.A. Lobanova i dr.; pod red. d.t.n. V.T. Eremenko, d.t.n. A.P. Fisuna. – Orel: OGU, OrelGTU, 2008. – 478 s.
3. Fillips D., Garsia-Dias A. Metody' analiza setej: per. s angl. pod red. Sushkova B.G. – M.: Mir, 1984. – 496 s.
4. Ford A., Falkerson D. Potoki v setyax: per. s angl. Vajnshtejn I.A. – M.: Mir, 1966. – 276 s.
5. Berzh K. Teoriya grafov i ee primeneniye: per. s angl. – M.: Inostrannaya literatura, 1962. – 320 s.
6. Basaker R., Saati T. Konechny'e grafy' i seti: per. s angl. pod red. Tejmana A.I. – M.: Nauka, 1973. – 368 s.
7. Fre'nk G., Frish I. Set' svyazi i potoki: pod red. Pospelova. – M.: Svyaz', 1978. – 448 s.

КАНОНИЗАЦИЯ МАССИВОВ БИНАРНЫХ ДАННЫХ

В статье рассматривается необходимость предварительной обработки содержимого массивов бинарных данных для их идентификации. Рассмотрены варианты представления массивов бинарных данных и предложен подход к их канонизации, учитывающий особенности синтаксиса языков программирования высокого уровня.

Ключевые слова: канонизация; идентификация; массивы бинарных данных.

Идентификация массивов бинарных данных в ходе проведения сертификационных испытаний программного обеспечения является неотъемлемым элементом процедур контроля информационных объектов [1]. В исходных текстах дистрибутивов операционных систем такими массивами являются микропрограммные прошивки, зашифрованные драйверы периферийных устройств, а также различные служебные данные для встроенных криптографических алгоритмов. Пример подобного массива бинарных данных, взятого из исходных текстов ядра операционной системы Linux 3.11.1, представлен на рисунке 1.

```
const u32 crypto_ft_tab[4][256] = {  
    {  
        0xa56363c6, 0x847c7cf8, 0x997777ee, 0x8d7b7bf6,  
        0x0df2f2ff, 0xbd6b6bd6, 0xb16f6fde, 0x54c5c591,  
        0x50303060, 0x03010102, 0xa96767ce, 0x7d2b2b56,  
        0x19fefe7, 0x62d7d7b5, 0xe6abab4d, 0x9a7676ec,  
        0x45caca8f, 0x9d82821f, 0x40c9c989, 0x877d7dfa,
```

**Рисунок 1 – Пример массива бинарных данных
в исходных текстах ядра операционной системы Linux**

Для идентификации массива бинарных данных осуществляется переход от текстового представления содержимого массива в виде строк файла исходных текстов к последовательности байт, кодирующих символы, или непосредственно к численному представлению.

В первом случае будет присутствовать избыточность, поскольку, помимо обезличенной информационной части последовательность байт будет содержать коды служебных символов, таких, как пробелы, запятые, обозначения системы счисления и так далее. Во втором случае многообразие возможных вариантов задания массива бинарных данных приводит к неопределенности преобразования содержимого в численное представление. Подобное многообразие возникает вследствие возможности использования в языках программирования высокого уровня нестандартных или недокументированных типов данных. Возникающая неопределенность может быть проиллюстрирована примерами из рисунков 2 и 3.

```
static uint patch_2000[] __initdata = {  
    0x7FFFEFD9,  
    0x3FFD0000,  
    0x7FFB49F7,  
    0x7FF90000,  
    0x5FEFADF7,
```

**Рисунок 2 – Пример массива бинарных данных с известным,
но нестандартным типом данных**

```
static u8 generic_edid[GENERIC_EDIDS][128] = {
    {
        0x00, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0x00,
        0x31, 0xd8, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
        0x05, 0x16, 0x01, 0x03, 0x6d, 0x23, 0x1a, 0x78,
    }
}
```

Рисунок 3 – Пример массива бинарных данных с пользовательским типом данных

Если в примере на рисунке 2 тип данных *uint* является известным (описан в MSDN [2]), но отсутствует в стандарте языка программирования C [3] (то есть может не поддерживаться компилятором), то в примере на рисунке 3 тип данных *u8* даже не документирован. Преобразование подобных бинарных данных к численному виду возможно только с учетом дополнительной информации, снимающей неопределенность относительно используемых типов данных. Извлечение дополнительной информации неизбежно связано с существенным усложнением синтаксического анализатора исходных текстов, что мало пригодно в условиях проведения сертификационных испытаний. Поэтому больший интерес представляет решение задачи выделения информационной части последовательности байт содержимого массива бинарных данных, то есть его канонизации. В данном случае под канонизацией понимается процесс «очищения» содержимого массива бинарных данных посредством отсечения не несущих смысловой нагрузки элементов от всех остальных по аналогии с канонизацией текста при поиске дубликатов [4].

Даже при одинаковой информационной части служебные символы различного формата, содержащиеся в последовательности байт массива бинарных данных, помимо избыточности, оказывают негативное влияние на точность идентификации массива. На рисунках 4 и 5 показан пример оформления массива бинарных данных с совпадающей информационной частью в исходных текстах различных операционных систем.

```
static const u64 sha512_K[80] = {
    0x428a2f98d728ae22ULL, 0x7137449123ef65cdULL,
    0xb5c0fbcfec4d3b2fULL, 0xe9b5dba58189dbbcULL,
    0x3956c25bf348b538ULL, 0x59f111f1b605d019ULL,
    ...
    0x 3956c25bf348b538 ULL,
```

Информационная
часть

0x

Рисунок 4 – Пример массива бинарных данных ядра ОС GNU/Linux

```
static const SHA_LONG64 K512[80] = {
    U64(0x428a2f98d728ae22), U64(0x7137449123ef65cd),
    U64(0xb5c0fbcfec4d3b2f), U64(0xe9b5dba58189dbbc),
    U64(0x3956c25bf348b538), U64(0x59f111f1b605d019),
    ...
    U64(0x 3956c25bf348b538 ),
```

Информационная
часть

U64(0x

Рисунок 5 – Пример массива бинарных данных ядра ОС Solaris

В таком случае при использовании любого способа идентификации, основанного на сравнении последовательностей байт массива, служебные символы, присутствующие в последовательности, будут вносить искажения в результаты идентификации. Для устранения данного недостатка канонизацию массива бинарных данных предлагается проводить в три этапа:

- 1) удаление из последовательности байт символов явного форматирования;
- 2) поиск служебных символов;
- 3) удаление из последовательности байт повторяющихся служебных символов.

На первом этапе за один проход формируется новая последовательность байт, включающая в себя все символы, кроме пробела, табуляции и перевода строки CR/LF. Кроме того, при формировании новой последовательности отбрасываются символы, относящиеся к комментариям кода. Таким образом устраняется явное форматирование текста в виде стилей написания кода и осуществляется переход от представления текста в виде массива строк к одной строке текста.

Следует отметить, что после выполнения первого этапа служебные символы в сформированной последовательности байт будут иметь периодическую структуру, показанную на рисунке 6. Это является следствием упорядоченности и однотипности набора данных, хранящихся в массиве, независимо от используемого языка программирования.

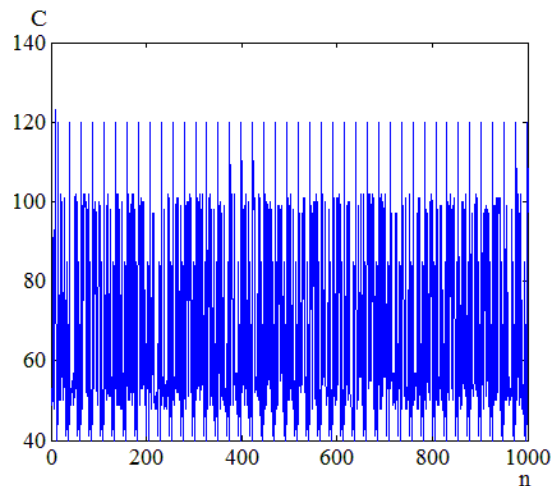


Рисунок 6 – Пример периодической структуры служебных символов

Периодическая структура служебных символов подтверждается результатами вычисления автокорреляционной функции над последовательностью байт массива бинарных данных (рис. 7).

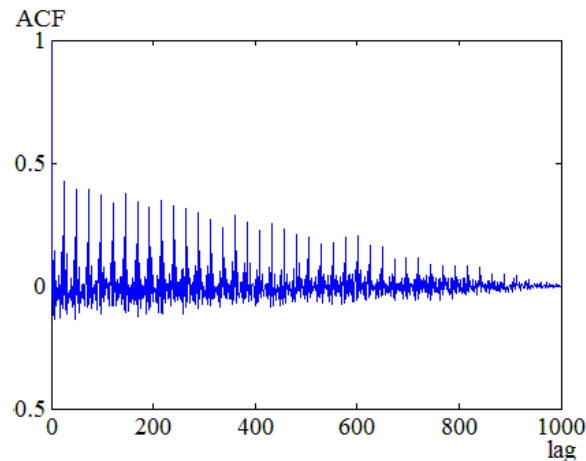


Рисунок 7 – АКФ массива бинарных данных без канонизации

Таким образом, на втором этапе можно найти служебные данные в последовательности байт массива, вычисляя период и местоположение локальных экстремумов автокорреляционной функции.

На третьем этапе удалить повторяющиеся служебные символы из последовательности байт массива можно двумя путями:

- последовательно вычислять автокорреляционную функцию последовательности и удалять по одному служебному символу, соответствующему локальным экстремумам. Данный способ характеризуется большим объемом вычислений, поскольку АКФ надо

пересчитывать каждый раз после очередного удаления по количеству повторяющихся служебных символов, пока присутствуют периодические локальные экстремумы;

– однократно вычислить автокорреляционную функцию последовательности и сравнивать между собой символы последовательности, взятые в окрестностях локальных экстремумов, до появления несовпадающих символов. Данный способ позволяет удалить из последовательности сразу группу совпадающих символов и избавиться от многократных вычислений АКФ.

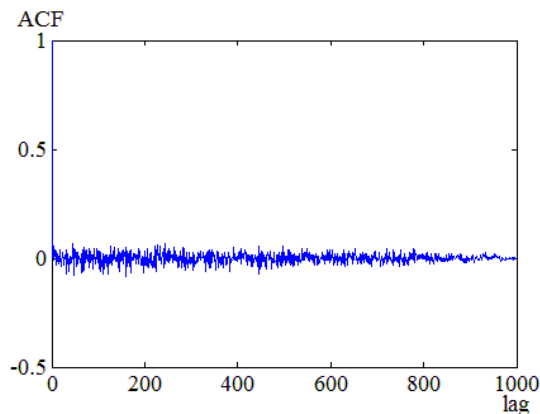


Рисунок 8 – АКФ массива бинарных данных после канонизации

Отсутствие периодической структуры служебных символов после выполнения всех этапов канонизации подтверждается результатами вычисления автокорреляционной функции над последовательностью байт массива бинарных данных (рис. 8). Выделенная таким образом информационная часть массива бинарных данных позволит повысить точность идентификации массива вследствие устранения избыточности, вызванной наличием служебных символов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руководящий документ. Защита от несанкционированного доступа к информации. Часть 1. Программное обеспечение средств защиты информации. Классификация по уровню контроля отсутствия недекларированных возможностей. – М.: Гостехкомиссия России, 1999.
2. Тип данных uint [Электронный ресурс]. – URL: <http://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/vstudio/ddacxdt5%28v=vs.100%29.aspx>.
3. ISO/IEC 9899:2011 [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.open-std.org/jtc1/sc22/wg14/www/docs/n1570.pdf>.
4. Квашина Ю.А. Методы поиска дубликатов скомпонованных текстов научной стилистики. – Технологический аудит и резервы производства, 2013. – Выпуск № 1(11). – Том 3.

Рябокоть Владимир Владимирович

Академия ФСО России, г. Орел

Адъюнкт военной докторантуры и адъюнктуры

E-mail: mimicria@mail.ru

*V.V. RYABOKON' (Adjunct of Military Doctorate and Adjuncture)
Academy of Federal Agency of Protection of the Russian Federation, Orel*

BINARY DATA ARRAYS CANONIZATION

The necessity of binary data arrays content pre-processing for identification purposes is considered. The current approaches to binary data arrays representation are considered, a method of binary data arrays canonization is proposed in view of high-level programming languages syntax features.

Keywords: *canonization; identification; binary data arrays.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Rukovodyashhij dokument. Zashhita ot nesankcionirovannogo dostupa k informacii. Chast' 1. Programmnoe obespechenie sredstv zashhity' informacii. Klassifikaciya po urovnyu kontrolya otsutstviya nedeklarirovanny'x vozmozhnostej. – M.: Gostexkomissiya Rossii, 1999.
2. Tip danny'x uint [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/vstudio/ddacxdt5%28v=vs.100%29.aspx>.
3. ISO/IEC 9899:2011 [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.open-std.org/jtc1/sc22/wg14/www/docs/n1570.pdf>.
4. Kvashina Yu.A. Metody' poiska dublikatov skomponovanny'x tekstov nauchnoj stilistiki. – *Texnologicheskij audit i rezervy' proizvodstva*, 2013. – Vy'pusk № 1(11). – Tom 3.

АНАЛИЗ СОГЛАСОВАННОСТИ БАЗЫ ДАННЫХ NOSQL НА ЭТАПЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

В статье описана разработка моделей согласования реплик и модели согласования версий записи. Описана предметная область информационной системы, основные ее функции. Показаны преимущества использования базы данных NoSQL перед реляционной моделью. Приведена схема данных с минимальным набором атрибутов, необходимых для функционирования системы. Проведен анализ показателей согласованности исследуемой информационной системы.

Ключевые слова: база данных NoSQL; согласованность в конечном счете; строгая согласованность; версии записи; информационная система.

ВВЕДЕНИЕ

Для повышения производительности и отказоустойчивости автоматизированных информационных систем (АИС) в настоящее время все чаще используются системы баз данных, построенные на парадигме распределенных хранилищ «ключ/значение», получившие название NoSQL (Not-Only-SQL) [1]. Эти системы обладают рядом преимуществ по сравнению с параллельными системами баз данных SQL [2]. К ним можно отнести высокую масштабируемость и отказоустойчивость, возможность обработки неструктурированных данных, большое число реплик и др.

В базах данных NoSQL не поддерживается режим ведения транзакций, поэтому возникает проблема согласования данных. Для каждой конкретной предметной области существует допустимое время рассогласования данных. Поэтому на этапе проектирования системы необходимо прогнозировать время рассогласования данных для каждого варианта решаемых задач, а также вероятность доступа к этим данным в указанный интервал времени. При этом следует учитывать, что обеспечение повышенного качества согласования приводит к увеличению времени реакции (появляется дополнительная задержка) и числа задействованных ресурсов. Также при параллельной работе пользователей с одной и той же записью возможны конфликты обновления. Конечно, можно отдать предпочтение последней версии записи (last write wins), но на практике это приведет к потере данных. Более того, время в кластере узлов практически невозможно точно синхронизировать. Один из подходов – это хранение нескольких версий при конкурирующем обновлении, но это может привести к росту числа записей, одновременно хранящихся в БД, и времени их объединения (ручной или автоматической), из чего следует необходимость прогнозирования числа версий записи и времени их обработки.

В работах [2-4] разработаны модели согласования реплик в базах данных NoSQL и модель согласования версий записи. Разработанные модели могут быть использованы на стадии проектирования информационных систем, использующих базу данных NoSQL для хранения и обработки данных. Однако аналитические расчеты достаточно сложны и требуют от проектировщика системы определенных знаний в области теории вероятностей, теории массового обслуживания, имитационного моделирования. Поэтому разработано инструментальное средство анализа показателей согласованности баз данных NoSQL, разработка которого описана в [5]. Инструментальное средство позволяет получать результаты аналитического и имитационного моделирования в наглядном виде без знания деталей используемых моделей. Целью данной работы является оценка показателей согласованности на стадии проектирования информационной системы с использованием разработанных моделей.

МОДЕЛИ СОГЛАСОВАНИЯ РЕПЛИК И ВЕРСИЙ ЗАПИСИ В БАЗАХ ДАННЫХ NoSQL

В базах данных NoSQL существуют параметры (N, W, R) [6] для управления согласованностью данных. При слабой согласованности ($R+W \leq N$) гарантируется, что все реплики будут идентичны в конечном счете. При этом не гарантируется чтение последних обновлений. Таким образом, существует вероятность чтения рассогласованных данных. В [2] разработана соответствующая модель, позволяющая оценить вероятность того, что в процессе обновления N реплик поступит хотя бы одно требование на чтение из необновленных реплик.

Для отыскания вероятности предлагается сначала получить производящую функцию (ПФ) $Q_{i+1}(z)$ числа требований на чтение записей из N-i необновленных реплик, которые пришли за случайное время обновления (i+1)-й реплики. Входящий поток требований на чтение из одной реплики принимается пуассоновским с параметром λ . $\Psi_{i+1}(s)$ – преобразование Лапласа-Стилтьеса (ПЛС) функции распределения вероятностей времени обновления (i+1)-ой реплики [2], $i = 0 \dots (N-1)$ – число уже обновленных реплик. Основываясь на свойствах пуассоновского входящего потока, имеем:

$$Q_{i+1}(z) = \sum_{m=0}^{\infty} z^m \cdot g_m = \sum_{m=0}^{\infty} z^m \cdot \int_0^{\infty} p(v_t = m) dF(t) = \int_0^{\infty} \sum_{m=0}^{\infty} z^m \cdot p(v_t = m) dF(t) =$$

$$= \int_0^{\infty} e^{-\lambda(N-i)(1-z)t} dF(t) = \Psi_{i+1}(\lambda(N-i)(1-z)). \quad (1)$$

В соответствии с вероятностным смыслом производящей функции $(1 - W_{i+1}(0))$ – это вероятность, что за время обновления (i+1)-й реплики поступит хотя бы одно требование на чтение из N-i необновленных реплик. Используя формулу полной вероятности, можно показать, что искомая вероятность будет равна:

$$P = (1 - Q_1(0)) + \sum_{i=2}^N ((1 - Q_i(0)) \cdot \prod_{j=1}^{i-1} Q_j(0)). \quad (2)$$

Строгая согласованность ($W+R > N$) позволяет всегда получать актуальную версию записи, что иногда приводит к большим задержкам ожидания завершения обновления W реплик базы данных и чтения записей из R реплик. В работе [3] была разработана модель строгого согласования реплик в базах данных NoSQL. Модель позволяет оценить случайное время ожидания требованием на чтение окончания обновления W реплик. Для этого, аналогично выводу (1) получим ПФ числа требований на чтение из N реплик, поступивших за время обновления i-й реплики: $\Psi_i(\lambda N(1-z))$. Тогда, ПФ числа требований на чтение из N реплик, поступивших за время обновления W реплик:

$$W_q(z) = \prod_{i=1}^W \Psi_i(\lambda N(1-z)). \quad (3)$$

Тогда вероятность того, что за время обновления W реплик не поступит ни одного требования на чтение, равна $W_q(0)$. Если за некоторый временной интервал поступило $n \geq 1$ требований, моменты поступления этих требований внутри данного интервала независимы и распределены по равномерному закону. Это позволяет сделать вывод, что любое из пришедших требований имеет одну и ту же функцию распределения вероятностей времени ожидания окончания обновления W реплик. Если рассмотреть интервал между началом и окончанием обновления W реплик как интервал между событиями потока событий $\zeta_1, \zeta_2, \zeta_3 \dots$ с одинаковыми функциями распределений вероятностей интервалов между этими событиями, то задача сводится к тому, чтобы оценить время между произвольным моментом (в силу равномерности поступления требований внутри интервала) и моментом наступления следующего события ζ_i . ПЛС $\Phi(s)$ этого временного промежутка выводится в работе [7] и имеет следующий вид:

$$\Phi(s) = \frac{1}{-s \cdot \varphi^{(1)}(0)} (1 - \varphi(s)), \quad (4)$$

где $-1/\varphi^{(1)}(0)$ – среднее количество событий потока в единицу времени; $\varphi(s)$ – ПЛС функции распределения вероятностей времени между событиями потока ζ_i :

$$\varphi(s) = \prod_{i=1}^W \psi_i(s) \quad (5)$$

где $\psi_i(s)$ – преобразование Лапласа-Стилтьеса функции распределения вероятностей времени обновления i -й реплики.

Используя формулу полной вероятности, получим ПЛС $\Omega(s)$ времени ожидания требованием на чтение окончания обновления W реплик:

$$\Omega(s) = W_q(0) + (1 - W_q(0)) \cdot \Phi(s), \quad (6)$$

где $W_q(z)$ и $\Phi(s)$ определяются выражениями (3) и (4) соответственно. Учитывая выражение для $\Phi^{(1)}(0)$, полученное в [7], среднее значение M времени ожидания начала чтения записи из реплики (задержка чтения) рассчитывается следующим образом:

$$M = -\Omega^{(1)}(0) = -(1 - W_q(0)) \cdot \frac{\varphi^{(2)}(0)}{2 \cdot \varphi^{(1)}(0)}, \quad (7)$$

где $\varphi^{(i)}(0)$ – i -ая производная $\varphi(s)$ в нуле.

Значения $\varphi^{(i)}(0)$ можно приближенно вычислить, используя методы численного дифференцирования, описанные в [8].

Базы данных NoSQL поддерживают механизм ведения вектора часов (Vector Clock – VC) для каждой версии хранящейся в БД записи, который содержит информацию о пользователях, выполнявших изменения данной версии записи. В работе [4] разработана модель, позволяющая оценить число версий записи, одновременно хранящихся в базе данных, и время их обработки. Оценку этой величины сложно представить в аналитическом виде, поэтому использовался имитационный подход к моделированию в среде GPSS [9]. Процесс обработки пользователем версий записи был представлен в виде следующих шагов:

1) приложение получает все версии с тем же ключом (читает пары «ключ/значение») и предлагает их клиенту в форме, удобной для анализа;

2) клиент в течение времени обработки анализирует эти версии и обрабатывает их согласно своей роли: объединяет мнения других пользователей (данный клиент играет роль руководителя группы), вносит свои предложения (клиент является рядовым членом группы) и т.д.;

3) приложение сохраняет обновленную запись в базе (NoSQL формирует вектор часов, может быть, удаляет старые версии записи, добавляет в базу данных новую версию);

4) клиент через некоторое время – время обдумывания – возвращается к ранее откорректированной записи (документу). Далее выполняется переход к шагу 1 (модель замкнутая).

Для доказательства адекватности разработанных моделей был реализован натурный эксперимент в облачном кластере размером до 25 узлов, предоставленных компанией DigitalOcean (DO) [10]. В качестве базы данных NoSQL использовалась система Riak [11], которая была установлена на каждом узле в среде операционной системы (ОС) Ubuntu Server 14.04 [12]. Эксперименты проводились в виде нескольких серий, при этом менялся размер кластера. В рамках одной серии при исследовании моделей согласования реплик менялось число реплик N и интенсивность поступления требований на чтение к одной реплике λ . Часть из полученных результатов использовалась для адаптации модели, другая часть – для проверки адекватности. При исследовании версий записи менялось число клиентов и коэффициент, учитывающий время обдумывания.

Анализ адекватности модели согласования реплик в конечном счете показал, что средняя относительная погрешность моделирования вероятности рассогласования реплик

составила 9,4%. Сильное расхождение модели с экспериментом наблюдается только при $N=24$, но подобное значение N редко встречается в реальных системах. Для случая строгой согласованности средняя ошибка по двум сериям экспериментов составила 7,4%. При исследовании модели согласования версий записи производилась оценка следующих параметров: среднее значение и дисперсия числа версий записи и времени обработки версий. Для доказательства адекватности использовался второй вариант модели. Анализ адекватности, описанный в работе [13], показал, что средняя относительная погрешность оценки среднего числа версий записи составила 7,5%, дисперсии – 5,5%. Для времени обработки версий записи эти погрешности составили соответственно 0,22% и 20,6%. Таким образом, можно считать, что разработанные модели согласования реплик и согласования версий записи в базах данных NoSQL являются достаточно адекватными.

Модели были использованы на этапе проектирования АИС для оценки показателей согласованности.

ОПИСАНИЕ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ

Магазины в глобальной сети уже давно стали привычными для общества. Сейчас все чаще стали появляться интернет-ресурсы, которые объединяют предложения многих продавцов (например, eBay). Каталог товаров таких магазинов может превышать десятки миллионов наименований. В день к ресурсу могут обращаться десятки тысяч клиентов, а в часы распродаж интенсивность поступления требований на чтение информации об одном товаре может превышать 20 запросов в секунду.

Ниже представлены основные функции интернет-ресурса:

- работа с товарами: поиск по каталогу, просмотр и сравнение товаров;
- работа с корзиной: добавление и удаление товаров из корзины, просмотр корзины;
- работа с заказами: просмотр заказа и входящих в него товаров, оформление и обработка истории заказов, а также товаров, входящих в заказ;
- онлайн-переписка покупателей и продавцов (мини-чат – обсуждение качества товаров, новых поступлений, скидочных акций и т.д.);
- создание и редактирование рецептов пользователями.

До недавнего времени доступ к базе данных чаще всего осуществлялся с использованием классической реляционной системы управления базами данных (РСУБД). Даже сейчас львиная доля информации хранится в РСУБД. Это объясняется внешней простотой реляционной модели, наличием такого мощного и в то же время простого для изучения языка доступа к данным, как SQL, а также наличием оптимизаторов выполнения транзакций и запросов к базе данных, обеспечивающих их «дробление» на более мелкие задания и параллельную реализацию этих работ на многопроцессорных или многомашинных комплексах.

Рассмотрим основные проблемы организации данных, появляющиеся при использовании реляционной модели для исследуемой предметной области:

1. Проблема потери соответствия [14]. Проявляется она в том, что реляционные базы данных не позволяют хранить агрегаты. Например, чтобы отобразить информацию о покупателе и всех его покупках (агрегат), программист должен собрать в оперативной памяти данные из многих таблиц: покупатель, заказ, цена и др. При значительном росте числа таблиц разработчик часто просто забывает назначение той или иной таблицы, усложняется связывание таблиц при выполнении запроса, т.е. существенно усложняется формирование агрегата. При использовании баз данных NoSQL в поле «значение» можно хранить весь агрегат целиком. Например, для покупателя в это поле можно поместить JSON-объект, который будет содержать, помимо основной информации (фамилия, адрес электронной почты и т.д.), список покупок и информацию о них.

2. Проблема обработки неструктурированных данных. В реляционной модели схема данных строго фиксирована. Однако в рассматриваемой предметной области информация, например, о товарах может быть слабо структурированной: набор свойств может сильно

отличаться от товара к товару, количество рекламных картинок и видео может быть произвольным. В базах данных NoSQL при хранении JSON-объекта в поле «значение» записи можно оперировать различным набором свойств объекта.

3. Проблема низкой производительности. При большом объеме данных соединение многих таблиц выполняется сравнительно медленно. В базах данных NoSQL можно все данные, необходимые для отображения одной веб-страницы, поместить в один агрегат. Тогда запрос к веб-странице будет сводиться к чтению из БД одной записи.

Базы данных NoSQL не поддерживают ACID-транзакции (атомарность, согласованность, изолированность, долговечность) в классическом виде, но в [14] говорится о том, что операцию можно считать атомарной, если она выполняется в рамках одного агрегата. Необходимо учитывать эту особенность при выделении агрегатов и информации, хранящейся в них. В рассматриваемом проекте каждый агрегат будет храниться в своем сегменте данных. Ниже приводятся спецификации JSON-документов (поле «значение» записи) основных агрегатов разрабатываемого хранилища. Поля, которые имеют вид «xxx_key», означают ссылку на ключ пары «ключ/значение» сегмента «xxx».

Агрегат «товар» (сегмент «product»). {

```

    name : строка – наименование товара;
    price : число – стоимость товара;
    descript : строка – описание товара;
    art : число – артикул товара;
    photo : массив ссылок на фото;
    video : массив ссылок на видео;
    count : число – количество товара на складе;
    category : строка – категория товара;
    comment : список строк-комментариев к товару;
    properties : массив параметров товара: {
        property_name : строка – название свойства;
        property_value : строка – значение свойства;
    }
    carted : массив зарезервированных товаров: {
        customer_key : строка – ключ покупателя;
        carted_count : число – количество зарезервированных товаров;
    }
}

```

Агрегат «покупатель» (сегмент «customer»): {

```

    fio : строка – фамилия имя отчество (ФИО);
    email : строка – адрес электронной почты;
    phone : строка – телефон покупателя (может быть несколько);
    post : строка – адрес доставки (может быть несколько);
    interface_properties – массив параметров внешнего вида сайта (включение /
отключение разделов сайта, настройки стиля документа, языка и т.д.) {
        property_name : строка – название свойства;
        property_value : строка – значение свойства;
    }
    cart : корзина покупателя: {
        total_count : общее число товаров в корзине;
        total_cost : общая сумма товаров в корзине;
        products : массив товаров в корзине: {
            product_key : строка – ключ товара;
            product_name : строка – наименование товара;
            product_count : число – количество зарезервированных товаров;
        }
    }
}

```

```

        product_price : число – стоимость одной единицы товара;
    }
}
orders : массив заказов покупателя: {
    order_key : строка – ключ заказа;
    order_num : число – номер заказа;
    total_cost : число – общая стоимость заказа;
    date : дата заказа;
}
recipes : массив рецептов с этим блюдом: {
    recipe_key : строка – ключ рецепта;
    recipe_name : строка – название рецепта;
}
}
Агрегат «заказ» (сегмент «order»). {
    order_num : число – номер заказа;
    status : строка – статус заказа;
    total_cost : число – общая сумма товаров в заказе;
    shipment : строка – способ доставки;
    shipment_date : дата доставки;
    date : дата заказа;
    products : массив заказанных товаров: {
        product_key : строка – ключ товара;
        product_name : строка – наименование товара;
        product_count : число – количество зарезервированных товаров;
        product_price : число – стоимость одной единицы товара;
    }
}
Агрегат «консультант» (сегмент «adviser»). {
    name : строка – имя консультанта;
    description : строка – специализация консультанта;
    photo : фотография консультанта.
}
Агрегат «беседа» (сегмент «talking»). {
    adviser_key : строка – ключ консультанта;
    adviser_name : строка – имя консультанта;
    customers : массив покупателей: {
        customer_key : строка – ключ покупателя;
        customer_name : строка – имя продавца;
    }
    text : строка – текст переписки;
}
Агрегат «рецепт» (сегмент «recipe»). {
    name : строка – наименования блюда;
    text : строка – описание рецепта;
    customer_key : строка – автор рецепта;
    customer_name : строка – имя автора рецепта;
    redactors : массив редакторов рецепта;
    product_key : строка – ключ главного продукта;
    products : массив ключей продуктов, входящих в рецепт.
    photos : массив фотографий блюда;
}

```

Рассмотрим процесс получения информации о покупателе: покупатель заходит в личный кабинет на главной странице сайта, система тратит определенное время на аутентификацию, после чего отображает следующую информацию:

- 1) контактные данные клиента (ФИО, адрес, телефон и т.д.);
- 2) содержимое корзины (наименования товаров, входящих в корзину, их общая стоимость, количество товаров);
- 3) список заказов пользователя (номер заказа, стоимость всех товаров, дата заказа).

Для просмотра детальной информации о заказе (способ, дата и время доставки, товары, входящие в заказ) пользователю необходимо перейти в меню заказа, нажав соответствующую ссылку напротив номера заказа.

Исходя из строения агрегата «покупатель», можно сделать вывод, что для получения всей необходимой информации следует выполнить чтение только одной записи из базы данных по ключу клиента (*customer_key*). Так как чтение одно, то решается проблема низкой производительности (проблема 3). Данные не требуются компоновать в оперативной памяти – они хранятся в виде одного агрегата, следовательно, решается проблема потери соответствия (проблема 1).

ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОГЛАСОВАННОСТИ ЧТЕНИЯ ДАННЫХ В ИССЛЕДУЕМОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ

Определим параметры согласованности для сегментов: *talking*, *recipe* – строгая согласованность; *customer*, *adviser*, *order* и *product* – согласованность в конечном счете.

Пусть кластер вычислительных машин магазина составляет 50 узлов, расположенных в одном центре обработки данных (ЦОД); выделенные узлы имеют одинаковую производительность. Расчеты были выполнены при следующих характеристиках аппаратного обеспечения:

- интенсивность передачи байта данных внутри сети ЦОД – 500 Мбит/с;
- интенсивность дискового ввода / вывода – 100 Мбайт/с;
- интенсивность чтения одного байта данных из оперативной памяти – 8000 Мбайт/с;
- загрузка сети передачи данных в ЦОД – 0,2;
- производительность процессора – 2000 млн операций/с.

Средний размер агрегата определим следующим образом: «товар» – 15 Кбайт, «покупатель», «заказ» – 5 Кбайт, «консультант» – 1 Кбайт, «беседа», «рецепт» – 10 Кбайт.

Рассмотрим проблемы согласованности, которые могут возникнуть при работе с системой:

1. Участники беседы (сегмент *talking*) оживленно обсуждают какой-либо товар. Клиенты могут обновлять чат в автоматическом или ручном режиме. Если клиентов много и интенсивность обновления чата высока, требования на чтение могут ожидать окончания обновления текста беседы другим клиентом. Необходимо оценить значения таких задержек.

2. Клиенты могут одновременно корректировать рецепты блюда (сегмент *recipe*). Следовательно, может возникнуть конфликт обновления – в этом случае автору блюда или другому клиенту предлагаются обе версии. Необходимо оценить число таких версий и время их обработки.

3. В пик нагрузки (например, распродажа) одновременно может производиться более 20 обращений к товару (сегмент *product*) в секунду. В таком случае клиенту может быть показана неактуальная информация о количестве товаров на складе. Необходимо оценить такую вероятность.

Исследование было выполнено с использованием ранее разработанного инструментального средства [5]. На рисунке 1(а) показаны зависимости среднего времени ожидания T требованиям на чтение окончания обновления $W=N/2+1$ реплик в зависимости от интенсивности поступления требований на чтение λ для сегмента «*talking*». На рисунке

1(б) показаны зависимости P вероятности того, что за время обновления N реплик поступит хотя бы одно требование на чтение из необновленных реплик для сегмента «product» ($W=R=1$).

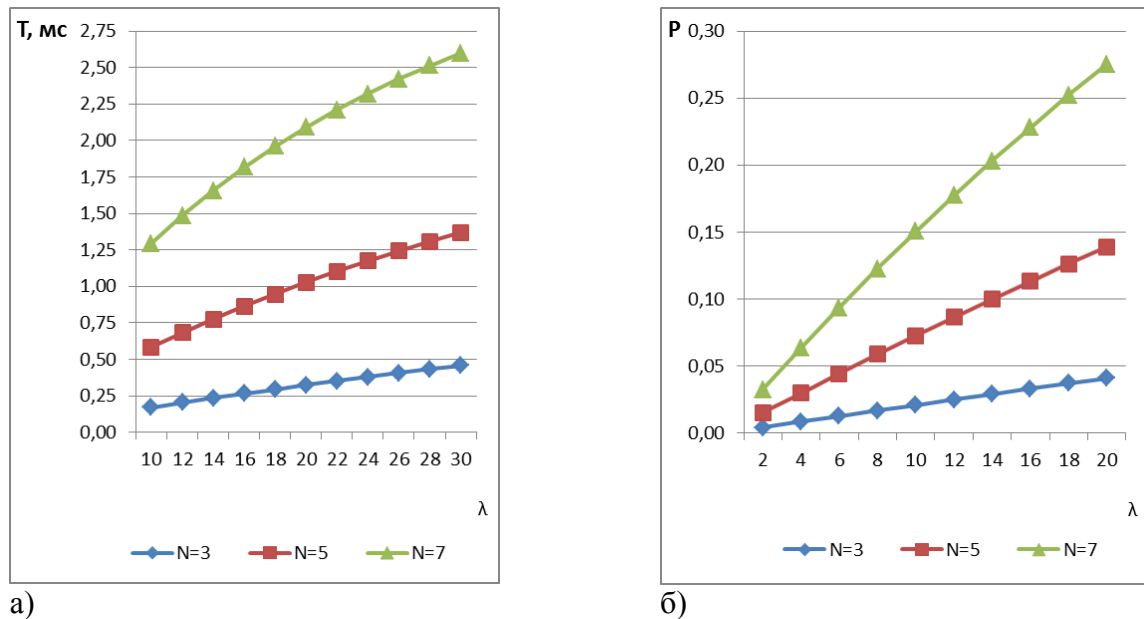


Рисунок 1 – Зависимость времени ожидания T , мс (а) и вероятности P (б) от интенсивности поступления требований на чтение при различных значениях числа реплик записи N

Из рисунка 1(а) видно, что даже при больших значениях λ время ожидания не превышает 2,75 мс, что не окажет существенного влияния на обычного пользователя. Из рисунка 1(б) видно, что при $N=3$ согласованность не опускается ниже 95% даже при больших λ .

Модельные эксперименты для установления распределения числа версий записи и времени их обработки для сегмента *recipe* проводились при следующих входных данных: число клиентов – {3;5;10}, коэффициент k , учитывающий время обдумывания, – {0.2;1;3;5}. Вариант работы модели – вариант №2 [5]. Испытания показали, что при $k=1$ наблюдаются самые высокие средние значения числа версий (до 5,6).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Рассмотрены модели согласования реплик и модель согласования версий записи в базах данных NoSQL.

2. Описана предметная область информационной системы, совмещающей продажу продовольственных товаров и сборник рецептов с этими товарами. Приведена схема данных с минимальным набором атрибутов (полей), необходимых для функционирования системы.

3. Выполнен анализ показателей согласованности базы данных NoSQL для исследуемой предметной области на кластере в 50 узлов: согласованность чтения при $N=3$ не опускается ниже 95% даже при большой интенсивности поступления требования на чтение; время ожидания требованием на чтение окончания обновления $W=N/2+1$ реплик не превышает 2,75 мс. Полученные результаты моделирования свидетельствуют об удовлетворительных показателях согласованности данных проектируемой системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. NoSQL [Электронный ресурс]. – URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki/NoSQL> (дата обращения: 15.07.2015).

2. Григорьев Ю.А., Цвященко Е.В. Анализ характеристик согласования реплик в конечном счете в базах данных NoSQL // Информатика и системы управления, 2014. – № 3. – С. 3-11.
3. Григорьев Ю.А., Цвященко Е.В. Сильная и слабая согласованность в базах данных NoSQL // Информатика и системы управления, 2014. – № 4. – С. 14-23.
4. Григорьев Ю.А., Цвященко Е.В. Анализ процессов обработки версий записи в базах данных NoSQL // Наука и образование, 2015. – № 1. – С. 176-188.
5. Цвященко Е.В. Инструментальное средство анализа показателей согласованности в базах данных NoSQL // Инновации в науке: Материалы XLV международной научно-практической конференции. – Новосибирск, 2015. – С. 82-87.
6. Редмон Э., Уилсон Д.Р. Семь баз данных за семь недель. Введение в современные базы данных и идеологию NoSQL. – М.: ДМК-Пресс, 2013. – 384 с.
7. Риордан Дж. Вероятностные системы обслуживания. – М.: Связь, 1966. – 184 с.
8. Бахвалов Н.С. Численные методы (анализ, алгебра, обыкновенные дифференциальные уравнения). – М.: Наука, 1973. – 631 с.
9. GPSS World Reference Manual [Электронный ресурс]. – URL: http://www.minutemansoftware.com/reference/reference_manual.htm (дата обращения: 15.07.2015).
10. Digital Ocean [Электронный ресурс]. – URL: [<https://www.digitalocean.com>] (дата обращения: 15.07.2015).
11. Riak documentation [Электронный ресурс]. – URL: [<http://docs.basho.com/index.html>] (дата обращения: 15.07.2015).
12. Ubuntu OS 14.04 [Электронный ресурс]. – URL: [<http://releases.ubuntu.com/14.04>] (дата обращения: 15.07.2015).
13. Цвященко Е.В. Анализ адекватности модели согласования версий записи в базах данных NoSQL // Наука и образование, 2015. – № 3. – С. 193-206.
14. Мартин Фаулер, Прамодкумар Дж. Садаладж. NoSQL. Новая методология разработки нереляционных баз данных. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2013. – 192 с.

Цвященко Евгений Васильевич

МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва

Аспирант

Тел.: 8 905 748 00 06

E-mail: eugene.tsviashchenko@gmail.com

E.V. CVYashhENKO (Post-graduate Student)
Bauman Moscow State Technical University, Moscow

CONSISTENCY ANALYSIS OF NOSQL DATABASE ON THE DESIGN STAGE OF THE INFORMATION SYSTEM

In this work the models of replicas agreement and model of record versions agreement development were described. The subject area of information system, its main function were described. The advantages of NoSQL database to the relational model were shown. The scheme of the data with a minimal set of attributes needed for the functioning of the system was given. The analysis of indicators of consistency study information system was carried out.

Keywords: NoSQL database; eventually consistency; strong consistency; record versions; information system.

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. NoSQL [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki/NoSQL> (data obrashheniya: 15.07.2015).
2. Grigor'ev Yu.A., Cvyashhenko E.V. Analiz xarakteristik soglasovaniya replik v konechnom schete v bazax danny'x NoSQL // Informatika i sistemy' upravleniya, 2014. – № 3. – S. 3-11.
3. Grigor'ev Yu.A., Cvyashhenko E.V. Sil'naya i slabaya soglasovannost' v bazax danny'x NoSQL // Informatika i sistemy' upravleniya, 2014. – № 4. – S. 14-23.

4. Grigor'ev Yu.A., Cvyashhenko E.V. Analiz processov obrabotki versij zapisi v bazax danny'x NoSQL // Nauka i obrazovanie, 2015. – № 1. – S. 176-188.
5. Cvyashhenko E.V. Instrumental'noe sredstvo analiza pokazatelej soglasovannosti v bazax danny'x NoSQL // Innovacii v nauke: Materialy' XLV mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. – Novosibirsk, 2015. – S. 82-87.
6. Redmon E., Uilson D.R. Sem' baz danny'x za sem' nedel'. Vvedenie v sovremennyy'e bazy' danny'x i ideologiyu NoSQL. – M.: DMK-Press, 2013. – 384 s.
7. Riordan Dzh. Veroyatnostny'e sistemy' obsluzhivaniya. – M.: Svyaz', 1966. – 184 s.
8. Baxvalov N.S. Chislenny'e metody' (analiz, algebra, oby'knovenny'e differencial'ny'e uravneniya). – M.: Nauka, 1973. – 631 s.
9. GPSS World Reference Manual [E'lektronny'j resurs]. – URL: http://www.minutemansoftware.com/reference/reference_manual.htm (data obrashheniya: 15.07.2015).
10. Digital Ocean [E'lektronny'j resurs]. – URL: [<https://www.digitalocean.com>] (data obrashheniya: 15.07.2015).
11. Riak documentation [E'lektronny'j resurs]. – URL: [<http://docs.basho.com/index.html>] (data obrashheniya: 15.07.2015).
12. Ubuntu OS 14.04 [E'lektronny'j resurs]. – URL: [<http://releases.ubuntu.com/14.04>] (data obrashheniya: 15.07.2015).
13. Cvyashhenko E.V. Analiz adekvatnosti modeli soglasovaniya versij zapisi v bazax danny'x NoSQL // Nauka i obrazovanie, 2015. – № 3. – S. 193-206.
14. Martin Fauler, Pramodkumar Dzh. Sadaladzh. NoSQL. Novaya metodologiya razrabotki nerelyacionny'x baz danny'x. – M.: Izdatel'skiy dom «Vil'yams», 2013. – 192 s.

УДК 004.75:025.4.036

В.Т. ЕРЁМЕНКО, В.А. ЯГУПОВ

МЕТОД ОПТИМИЗАЦИИ СТРУКТУРЫ ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА АВТОМАТИЗАЦИИ ГОРОДСКИХ СЕТЕЙ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА

В статье рассматривается метод оптимизации структуры программно-технического комплекса автоматизации городских сетей газоснабжения ЖКХ. Проводится анализ множества переменных, характеризующих структуру программно-технического комплекса, расчет параметров, характеризующих элементы подсистем структуры программно-технического комплекса.

Ключевые слова: оптимизация структуры; автоматическая система управления; программно-технический комплекс; городские сети газоснабжения.

ВВЕДЕНИЕ

Важный аспект при создании структуры автоматизированной системы управления (АСУ) подразумевает прогнозирование того, как входящие в него программно-технические комплексы (ПТК) будут обеспечивать показатели производительности (время отклика, пропускную способность и готовность) или приемлемые уровни обслуживания.

Создание ПТК предполагает, что основные операции по накоплению, хранению и переработке информации возлагаются на вычислительную технику, а пользователь выполняет часть ручных операций и операций, требующих творческого подхода при подготовке управленческих решений.

Программно-технический комплекс как инструмент для рационализации и интенсификации учетно-регистрационной деятельности создается для обеспечения выполнения некоторой группы функций. Программно-технический комплекс должен иметь проблемно-профессиональную ориентацию на конкретный уровень автоматизации. Локализация ПТК должна позволять осуществлять оперативную обработку информации сразу же по ее поступлению, а результаты обработки хранить неограниченное время по требованию пользователя.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Проведенный анализ автоматизированной системы управления городскими сетями управления газоснабжения жилищно-коммунального хозяйства (ГСГ ЖКХ) решаемых функциональных задач с точки зрения циркулирования информации показал, что источники информации порождают потоки данных. Эти данные являются входной информацией для информационной системы. Далее эта информация преобразуется в соответствии с решаемыми задачами и порождает новые потоки данных, которые переносят информацию в другие процессы или подсистемы, накопители данных или потребителям информации. Технические устройства, образующие подсистемы и их элементы из состава ПТК, обладают определенными параметрами, влияющими на состав и структуру собственно автоматизированной системы управления ГСГ ЖКХ.

Таким образом, в общем виде задача отображения характеристик функциональных задач и соответствующих информационных процессов на переменные и параметры, характеризующие структуру ПТК, будет заключаться в следующем:

- найти и проанализировать множества переменных, характеризующих структуру

ПТК;

– рассчитать параметры, характеризующие элементы подсистем структуры ПТК, которые позволят совместно с разработанной концептуальной моделью и принципами автоматизации процессов учета ГСГ провести разработку метода, обеспечивающего отображение характеристик информационных процессов и показателей, их определяющих, на переменные и параметры, характеризующие структуру ПТК.

В основе методологии его применения лежит построение модели связи показателей процессов с параметрами, характеризующими структуру ПТК как иерархии диаграмм потоков данных, описывающих асинхронный процесс обработки информации от ее ввода в систему до выдачи пользователю.

С целью оценки характера связи процессов с переменными и параметрами, характеризующими структуру ПТК, процессов учета пожароопасных объектов предложено использовать так называемую семантическую сеть [1].

На рисунке 1 представлен пример семантической сети в виде диаграммы Исикавы [2], которая может быть использована для визуального представления взаимосвязи эффективности системы учета информационных процессов и факторов (параметров и переменных), определяющих структуру ПТК. Построение семантической сети должно основываться на результатах декомпозиции и регламентации процессов, а также анализа влияния факторов, определяющих структуру ПТК, на эффективность информационных процессов.

Модели, как семантические сети, содержат только хорошо формализуемые отношения, т.е. такие отношения, которые позволяют получать качественные оценки характеристик объектов предметной области и оценивать их взаимосвязи. Для рационального построения ПТК необходимо проанализировать факторы, влияющие на реализацию информационных процессов при решении функциональных задач.

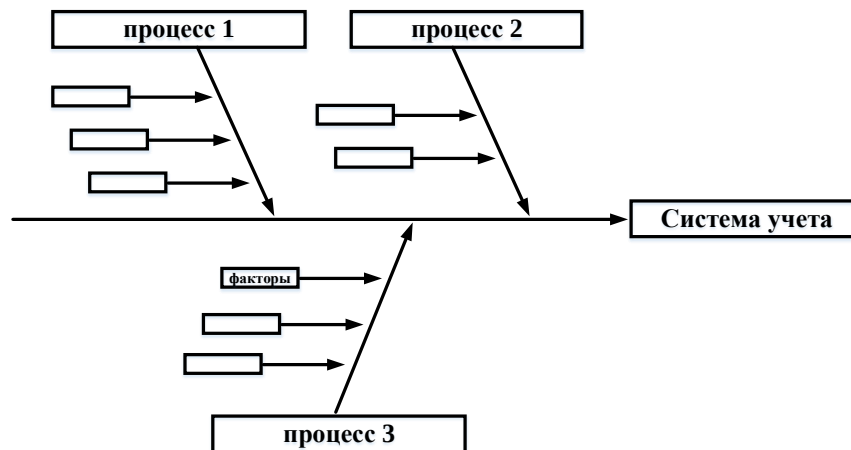


Рисунок 1 – Шаблон диаграммы Исикавы

Проведенный анализ особенностей рассматриваемой сферы и специфики решения подобных задач показывает, что оценка характера связи процессов с переменными и параметрами, характеризующими структуру ПТК, реализуется в несколько этапов [3]:

1) 1-й этап – построение диаграммы Исикавы, характеризующей взаимосвязь факторов, определяющих структуру ПТК, и информационных процессов (рис. 2);

2) 2-й этап – конкретизация и ранжирование подпроцессов. Конкретизировать подпроцессы следует до тех пор, пока для каждого из них можно будет принять какое-то управляющее решение;

3) 3-й этап – систематизация факторов. После построения диаграммы имеется структурированный список факторов, однако его следует систематизировать, для чего необходимо:

- объединить схожие факторы;
 - проверить, не скрываются ли под одним именем различные факторы;
- 4) 4-й этап – построение диаграммы Парето, позволяющей осуществить выбор наиболее приоритетных факторов.

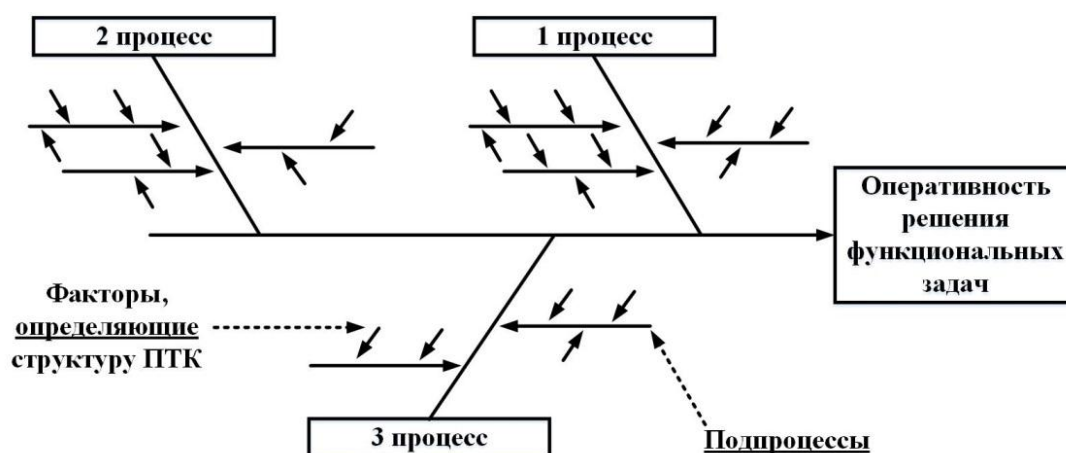


Рисунок 2 – Взаимосвязь факторов, определяющих структуру ПТК, и информационных процессов

При анализе факторов диаграмма Парето позволяет оценить, насколько качественно проведен анализ. Если соотношение Парето не выдерживается (20% указанных факторов должно определять не менее 80% всех проблем, влияющих на реализацию информационных процессов), следует пересмотреть перечень подпроцессов и факторов, уточнить их ранги, объединить схожие факторы и т.д. Чтобы проверить выполнение соотношения Парето, вычисляются суммарные ранги конкретных факторов. Полученный перечень факторов, характеризующих структуру ПТК, должен быть учтен при синтезе его структуры.

Таким образом, последовательность оценки характера связи процессов с переменными и параметрами, характеризующими структуру ПТК, включает:

- перечисление, процессов, подпроцессов и факторов, влияющих на их эффективность, определение их взаимосвязей (построение диаграммы Исикавы);
- определение вклада каждого из факторов (ранжирование);
- систематизация списка факторов (построение диаграммы сходства);
- оценка качества анализа (построение диаграммы Парето).

Характерной особенностью семантической модели, представленной в виде диаграммы Исикавы, является ее незамкнутость и возможность расширения перечня функциональных задач и соответствующих им информационных процессов и факторов как для обеспечения решения глобальной задачи (хребет диаграммы), так и для решения частных задач (скелетные образования диаграммы).

Диаграмма, характеризующая взаимосвязь функциональных задач и соответствующих характеристик информационных процессов учета ГСГ ЖКХ, приведена на рисунке 3.

Диаграмма, характеризующая взаимосвязь факторов, определяющих структуру ПТК, и характеристик функциональных задач и соответствующих информационных процессов учета ГСГ ЖКХ приведена на рисунке 4.

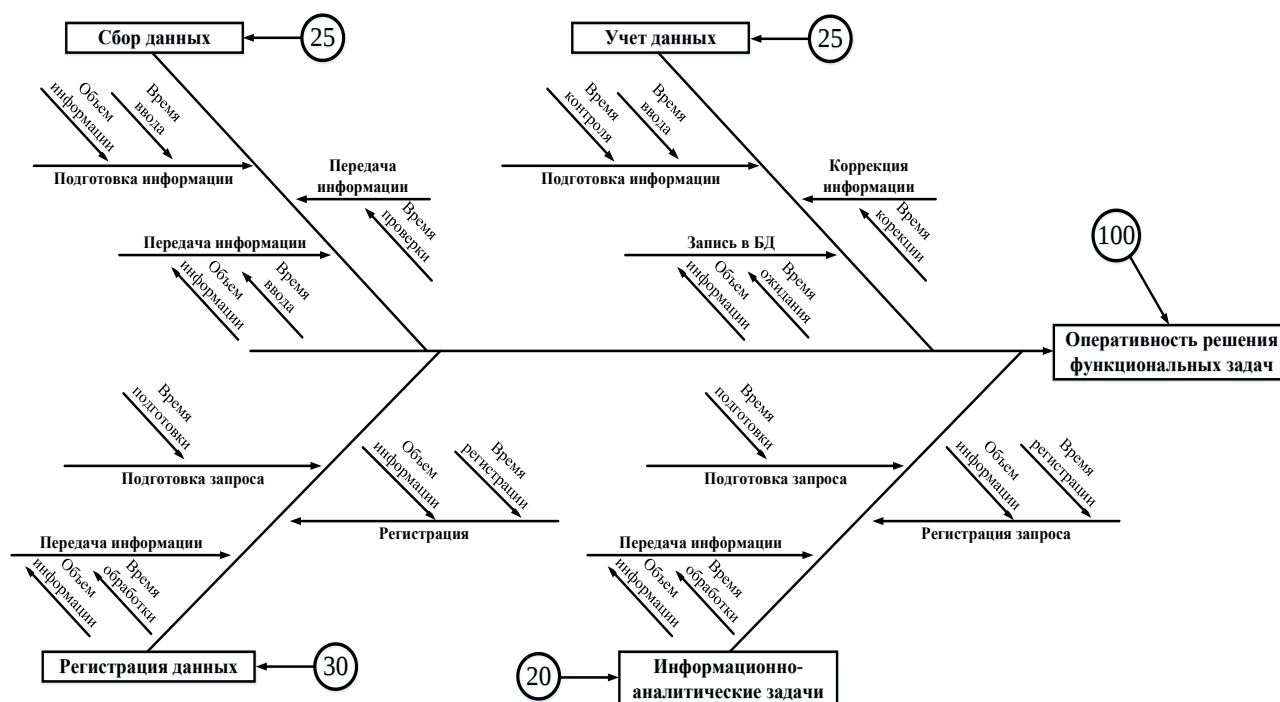


Рисунок 3 – Диаграмма Исикавы, характеризующая взаимосвязь функциональных задач и соответствующих информационных процессов

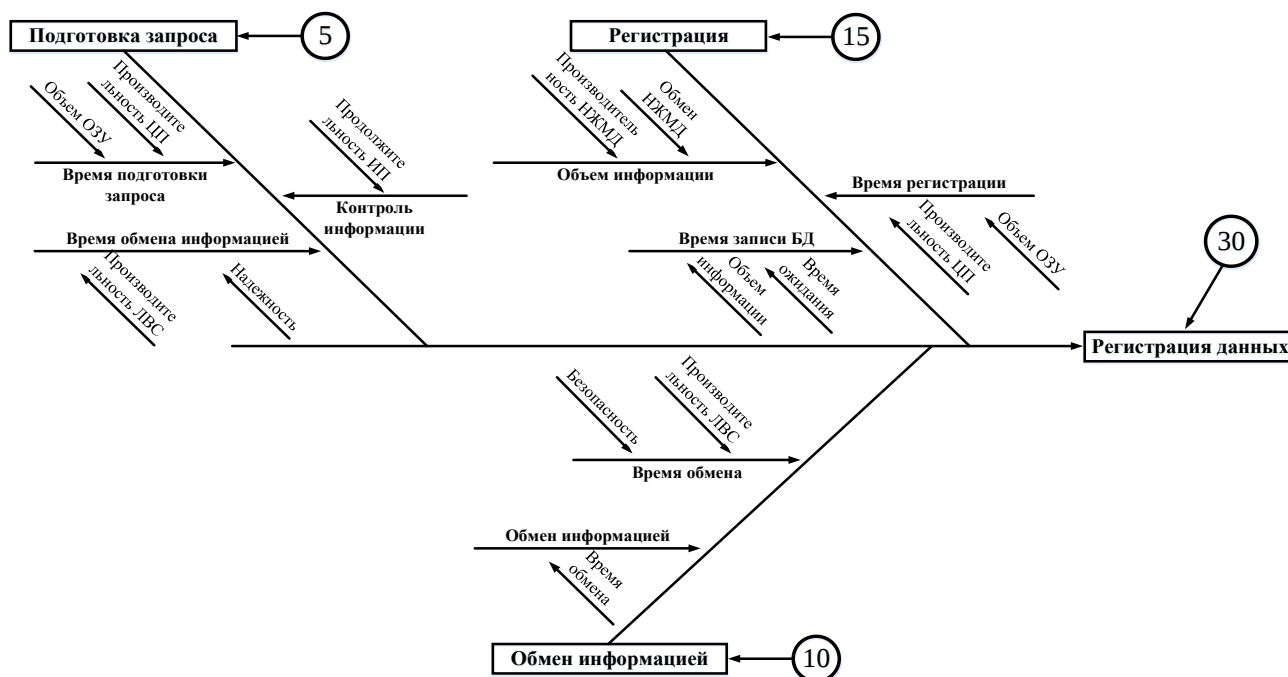


Рисунок 4 – Диаграмма Исикавы, характеризующая взаимосвязь факторов, определяющих структуру ПТК, для функциональной задачи регистрации данных

Результаты ранжирования факторов, определяющих структуру ПТК, приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты ранжирования факторов, определяющих структуру ПТК

Факторы	Частота встречаемости	Суммарная значимость
Объем НЖМД	2	35

Производительность ЦП	5	28
Время реакции сети	3	18
Инф. безопасность	2	11
Производительность НЖМД	4	7
Объем ОЗУ	1	1

Диаграмма, позволяющая осуществить выбор наиболее приоритетных факторов в соответствии с критерием Парето, приведена на рисунке 5 [4].

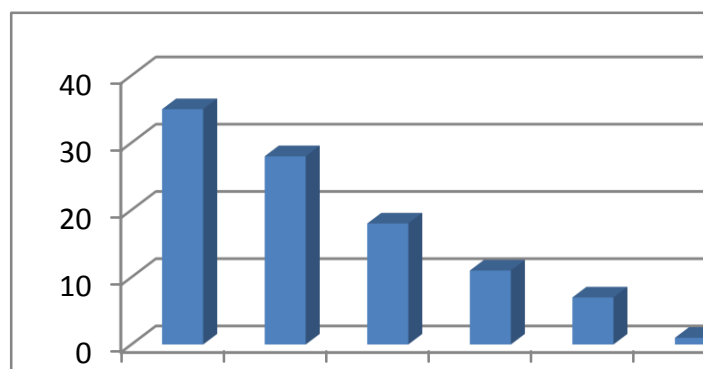


Рисунок 5 – Диаграмма Парето,

где *a* – объем НЖМД; *b* – производительность ЦП; *c* – информационная безопасность; *d* – надежность; *e* – производительность НЖМД; *f* – объем ОЗУ

Результаты проведенного анализа отображения характеристик функциональных задач и соответствующих информационных процессов на переменные и параметры, характеризующие структуру ПТК, показывают, что при синтезе структуры ПТК должны быть учтены следующие факторы (характеристики) [5]:

1) для ПТК подсистемы прикладного сервиса:

- объем носителя на жестких магнитных дисках;
- производительность центрального процессора ПТК;
- информационная безопасность (в части целостности и конфиденциальности информации);

2) для ПТК подсистемы обмена информацией:

- время реакции сети;
- информационная безопасность (в части конфиденциальности информации).

Рассмотрение системы информационных процессов, факторов, определяющих структуру ПТК и их взаимосвязей, представленных диаграммой Исикавы, показывает, что задача создания единой агрегированной модели, адекватной рассматриваемому процессу учета городских сетей газоснабжения ЖКХ, является сравнительно сложной и практически трудно разрешимой. Это следует из:

- большого количества информационных процессов и подпроцессов, наличия между ними функциональных и структурных связей;
- большого количества параметров и характеристик программно-технических средств ПТК, составляющих незамкнутое множество, а также имеющих взаимные информационные связи и структурную определенность;
- большого количества пользователей в иерархической структуре информационной системы учета ГСГ ЖКХ с большим количеством различного типа объектов автоматизации, оперирующих информацией различной степени агрегирования.

Однако предложенный метод моделирования информационных процессов учета ГСГ ЖКХ дает возможность реализовать предложенный ранее подход к решению ранее

сформулированной задачи. Это обусловлено не только возможностью декомпозиции общей задачи, но и полнотой моделирования информационных процессов и видов их описаний, структурной нежесткостью и незамкнутостью семантической модели предметной области, особым характером связей между параметрами ПТК.

ВЫВОД

Разработанное на основе формализованных постановок основных функциональных задач для рассматриваемых иерархических уровней исследуемой предметной области научно-методическое обеспечение включает комплекс методов в составе:

- метода отображения характеристик функциональных задач и соответствующих информационных процессов на параметры, характеризующие структуру ПТК;
- метода синтеза структуры ПТК подсистемы прикладного сервиса;
- метода выбора рационального варианта построения ПТК подсистемы обмена информацией.

Новизна метода отображения характеристик функциональных задач и соответствующих информационных процессов на параметры, характеризующие структуру ПТК, заключается в предоставлении возможностей количественной оценки взаимного влияния стадий внешнего и внутреннего структурного проектирования ПТК. При этом осуществляется переход от описания функциональных задач и информационных процессов к описанию структурных конфигураций ПТК с учетом связей между его элементами, что, в свою очередь, позволяет более полно учесть специфику функциональных задач при проектировании ПТК.

Методы синтеза структуры ПТК подсистемы прикладного сервиса и выбора рационального варианта построения ПТК подсистемы обмена информацией позволяют, в отличие от известных методов синтеза средств автоматизации, обеспечить на основе учета рабочей нагрузки и использования функционально-стоимостного анализа синтез структуры и основных характеристик ПТК, адекватных требованиям по автоматизации, дабы гарантировать удовлетворение запросов пользователей, достигнуть поставленных целей.

При этом необходимо отметить, что если метод синтеза структуры ПТК подсистемы прикладного сервиса обеспечивает разрешение основных проблем в ходе обоснования структуры ПТК с учетом функциональных ограничений, присущих рассматриваемой предметной области, то метод выбора рационального варианта построения ПТК подсистемы обмена информацией позволяет придать согласованный характер применения информационной и телекоммуникационной технологий при создании единого информационного поля.

Разработанные методы дополнили существующий арсенал научно-методического обеспечения методологии автоматизации информационных процессов с учетом особенностей учета сетей газоснабжения, необходимости совместного решения задач внутреннего и внешнего структурного проектирования с обеспечением сбалансированного применения информационных и телекоммуникационных технологий для обеспечения единого информационного пространства.

Методы автоматизации процесса учета сетей газоснабжения позволяют придать научно-методическому обеспечению новое качество, а именно:

- связность внешнего и внутреннего структурного проектирования ПТК за счет формализованного перехода от описания функциональных задач и информационных процессов к описанию структурных конфигураций ПТК;
- возможность количественной оценки рациональной доли затрат на создание основных (информационной и телекоммуникационной) компонентов ПТК;
- согласованность работ в ходе обоснования и создания ПТК за счет возможности учета рабочей нагрузки и использования функционально-стоимостного анализа при синтезе структуры и основных характеристик ПТК, адекватных требованиям по автоматизации.

За счет расширения состава научно-методического обеспечения его возможности приводятся в соответствие с перечнем требований, предъявляемых на современном этапе к автоматизации процесса. Содержание разработанных методов позволяет устранить проблемы, свойственные существующему научно-методическому обеспечению, и обеспечить реализацию требований, предъявляемых к нему на современном этапе.

Представляется, что разработанный подход к автоматизации процесса, предусматривающий усовершенствование методологии автоматизации информационных процессов за счет учета связей информационных и телекоммуникационных технологий при обосновании ПТК интегрированной информационной среды, осуществляемой на взаимосвязанных этапах внешнего и внутреннего проектирования ПТК в условиях объективно нарастающей интеграции информационных и телекоммуникационных технологий и требований по более оперативному решению функциональных задач, может быть адаптирован и к другим предметным областям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Еременко В.Т. и др. Направления и проблемы интеграции автоматизированных систем управления для предприятий с непрерывным технологическим циклом / В.Т. Еременко, Д.С. Мишин, Т.М. Парамохина, А.В. Еременко, С.В. Еременко // Информационные системы и технологии, 2014. – № 3. – С. 51-58.
2. Еременко В.Т., Тютякин А.В. Методологические аспекты выбора профилей сбора и обработки данных в системах неразрушающего контроля и диагностики технических объектов // Контроль. Диагностика, 2013. – № 1. – С. 24-31.
3. Еременко В.Т. и др. Анализ технических решений по построению модульных структур сбора и обработки данных газотранспортных предприятий / В.Т. Еременко, Д.С. Мишин, А.Н. Осипов, Н.Г. Пеньков, А.Г. Полякова, С.Н. Иванова // Информационные системы и технологии, 2014. – № 2(82). – С. 93-100.
4. Еременко В.Т., Фисенко В.Е., Фисун А.П. Методы и модели оценки надежности распределенных систем обмена данными. – Орел: Издательство «Госуниверситет-УНПК», 2014. – 197 с.
5. Еременко В.Т. и др. Подход к оценке качества предоставления информационных услуг в беспроводной сети передачи данных АСУТП газотранспортного предприятия в условиях воздействия помех и внепротокольных прерываний / В.Т. Еременко, Д.В. Анисимов, Д.А. Краснов, С.А. Воробьев // Информационные системы и технологии, 2013. – № 4. – С. 96-105.
6. Еременко В.Т., Полянский И.С., Беседин И.И. Методологические аспекты синтеза оптимальной древовидной структуры в системах сбора и обработки информации // Вестник компьютерных и информационных технологий, 2013. – № 11. – С. 15-21.
7. Емельянова Н.З., Партыка Т.Л., Попов И.Ч. Основы построения автоматизированных информационных систем. – М.: ФОРУМ-ИНФА, 2005.
8. Балдин К.В., Уткин В.Б. Теоретические основы автоматизации профессиональной деятельности в экономике. – Московский психолого-социальный институт, 2005. – 400 с.
9. Хетагуров Я.А. Проектирование автоматизированных систем обработки информации и управления (АСОИУ). – М.: Высшая школа, 2006. – 223 с.

Еремёнко Владимир Тарасович

ФГБОУ ВО «Приокский государственный университет», г. Орел

Доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Электроника, вычислительная техника и информационная безопасность»

Тел.: 8 920 812 65 64

E-mail: wladimir@mail.ru

Ягунов Владимир Александрович

ФГБОУ ВО «Приокский государственный университет», г. Орел

Аспирант кафедры «Электроника, вычислительная техника и информационная безопасность»

Тел.: 8 919 200 0057

E-mail: yagupov_vladimir@mail.ru

V.T. ERYOMENKO (*Doctor of Engineering Sciences, Professor,
Professor of the Department «Electronics, Computer Science and Information Security»*)

V.A. YAGUPOV (*Post-graduate Student of the Department
«Electronics, Computer Science and Information Security»
Prioksky State University, Orel*)

METHOD OF OPTIMIZING THE STRUCTURE OF SOFTWARE AND HARDWARE COMPLEX URBAN NETWORKS AUTOMATION GAS SUPPLY HOUSING AND COMMUNAL SERVICES

The method of optimization of the structure of the program-technical complex automation of the urban gas network utilities. The analysis of a set of variables that characterize the structure of software and hardware complex, calculated parameters characterizing the structure of the elements of subsystems and software complex that will together with the conceptual model and the principles of automation of accounting processes of urban gas networks.

Keywords: *structure optimization; automatic control system; program-technical complex; urban gas network.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Eremenko V.T. i dr. Napravleniya i problemy' integracii avtomatizirovanny'x sistem upravleniya dlya predpriyatij s nepreryvny'm tekhnologicheskim ciklom / V.T. Eremenko, D.S. Mishin, T.M. Paramoxina, A.V. Eremenko, S.V. Eremenko // *Informacionny'e sistemy' i tekhnologii*, 2014. – № 3. – S. 51-58.
2. Eremenko V.T., Tyutyakin A.V. Metodologicheskie aspekty' vy'bora profilej sbora i obrabotki danny'x v sistemax nerazrushayushhego kontrolya i diagnostiki texnicheskix ob'ektov // *Kontrol'. Diagnostika*, 2013. – № 1. – S. 24-31.
3. Eremenko V.T. i dr. Analiz texnicheskix reshenij po postroeniyu modul'ny'x struktur sbora i obrabotki danny'x gazotransportny'x predpriyatij / V.T. Eremenko, D.S. Mishin, A.N. Osipov, N.G. Pen'kov, A.G. Polyakova, S.N. Ivanova // *Informacionny'e sistemy' i tekhnologii*, 2014. – № 2(82). – S. 93-100.
4. Eremenko V.T., Fisenko V.E., Fisun A.P. Metody' i modeli ocenki nadezhnosti raspredelenny'x sistem obmena danny'mi. – Orel: Izdatel'stvo «Gosuniversitet-UNPK», 2014. – 197 s.
5. Eremenko V.T. i dr. Podxod k ocenke kachestva predstavleniya informacionny'x uslug v besprovodnoj seti peredachi danny'x ASUTP gazotransportnogo predpriyatiya v usloviyax vozdejstviya pomex i vneprotokol'ny'x preryvanij / V.T. Eremenko, D.V. Anisimov, D.A. Krasnov, S.A. Vorob'ev // *Informacionny'e sistemy' i tekhnologii*, 2013. – № 4. – S. 96-105.
6. Eremenko V.T., Polyanskij I.S., Besedin I.I. Metodologicheskie aspekty' sinteza optimal'noj drevovidnoj struktury' v sistemax sbora i obrabotki informacii // *Vestnik komp'yuterny'x i informacionny'x tekhnologij*, 2013. – № 11. – S. 15-21.
7. Emel'yanova N.Z., Partyka T.L., Popov I.Ch. Osnovy' postroeniya avtomatizirovanny'x informacionny'x sistem. – M.: FORUM-INFA, 2005.
8. Baldin K.V., Utkin V.B. Teoreticheskie osnovy' avtomatizacii professional'noj deyatel'nosti v e'konomie. – Moskovskij psixologo-social'ny'j institut, 2005. – 400 s.
9. Xetagurov Ya.A. Proektirovanie avtomatizirovanny'x sistem obrabotki informacii i upravleniya (ASOIU). – M.: Vy'sshaya shkola, 2006. – 223 s.

УДК 004.056.5

ОЛАДЬКО В.С.

МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ЗАЩИЩЕННОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАБОЧЕГО МЕСТА ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ

Рассмотрена проблема обеспечения защищенности автоматизированных рабочих мест пользователей в информационных системах предприятий. Выделены основные угрозы нарушения безопасности информации в автоматизированных рабочих местах. Сделан вывод, что понятие защищенности тесно связано с понятиями риска и ущерба от угроз. Предложен подход к качественной оценке уровня защищенности автоматизированного рабочего места, основанный на анализе рисков от угроз при использовании различных средств защиты. Представлено формализованное описание модели оценки защищенности. Разработан программный комплекс, автоматизирующий предложенную модель.

Ключевые слова: риск; информационная безопасность; система защиты; аудит; угроза; ущерб.

ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с ГОСТ 34.003-90 автоматизированное рабочее место (АРМ) – это программно-технический комплекс автоматизированной системы, предназначенный для автоматизации деятельности определенного вида. Как правило, в составе информационных систем организаций, реализующих их бизнес-процессы, используются несколько различных видов АРМ пользователей, например, АРМ специалиста по кадрам, АРМ оператора-технолога, АРМ инженера, АРМ проектировщика, АРМ бухгалтера и др.

Вне зависимости от вида в процессе работы в АРМ постоянно обрабатывается и хранится информация различной ценности и уровня доступа. Как показывает практика, данная информация регулярно подвергается ряду угроз и деструктивных воздействий, направленных на:

- кражу и разглашение информации ограниченного доступа;
- несанкционированный доступ к информации на АРМ с целью ее модификации или уничтожения;
- повышение привилегий и получения контроля злоумышленником над АРМ;
- нарушение работоспособности сервисов и служб АРМ и/или доступности ресурсов.

Поэтому вне зависимости от вида АРМ на сегодняшний день востребованным является решение задач, связанных с обеспечением безопасности информации, обрабатываемой и хранящейся на АРМ. А для обеспечения требуемого уровня безопасности необходимо использовать различные средства и механизмы защиты. Таким образом, одной из важнейших задач рационального построения системы защиты АРМ пользователя является выбор из множества имеющихся средств такого их набора, который позволит обеспечить нейтрализацию всех потенциально возможных информационных угроз с наилучшим качеством и минимально затраченными на это ресурсами. На многочисленных практических примерах, представленных в работах [1-4], показано, что наиболее эффективно задачи защиты информации решаются в рамках упреждающей стратегии защиты, когда на этапе проектирования оцениваются потенциально возможные угрозы и реализуются механизмы защиты от них. А для оценки того, насколько эффективно система защиты способна противодействовать угрозам, используется понятие защищенности. В зависимости от области применения АРМ к его защищенности будут предъявляться различные требования как со стороны организации, так и со стороны регулирующих органов (ФСТЭК России, ФСБ России, Роскомнадзора и др.). Следовательно, при проектировании и

сопровождении систем защиты АРМ актуально решение задач, связанных с оценкой уровня защищенности АРМ от различного рода угроз и воздействий злоумышленника.

ПРИЧИНЫ НАРУШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ИНФОРМАЦИИ АРМ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ

По данным исследований, проведенных компанией Symantec [5], на 2014 год количество направленных атак злоумышленников возросло на 91%, а число обнаруженных уязвимостей на – 62%. При этом наиболее распространенными причинами нарушения безопасности информации являются следующие:

- угрозы, связанные с НСД (44%);
- вредоносное ПО (24%);
- ошибки пользователей и действия персонала (13%);
- уничтожение средств сбора, обработки передачи и защиты информации (10%);
- сбои и отказы аппаратного обеспечения (6%);
- стихийные бедствия и катастрофы (1%).

В свою очередь, каждая потенциальная угроза безопасности информации может быть охарактеризована через такие показатели, как вероятность реализации и потенциальный ущерб. Размер ущерба от реализации угрозы в отношении информации или ресурса зависит от [6]:

- от стоимости информации или ресурса, который подвергается риску;
- от степени разрушительности воздействия на информацию или ресурс, выражаемой в виде коэффициента разрушительности. Как правило, указанный коэффициент лежит в диапазоне от 0 до 1.

Соотношение между ущербом и вероятностью возникновения определяет уровень риска от реализации угрозы и степень допустимости каждой угрозы. Значения риска указывают, насколько необходимо использовать средства и механизмы, противодействующие каждой конкретной угрозе. Для этого ожидаемый риск сравнивается с затратами на средства защиты, после чего принимается решение в отношении данного риска (табл. 1).

Таблица 1 – Действия по отношению к риску от потенциальной угрозы безопасности АРМ

Степень допустимости	Действие в отношении риска	Пояснение
Недопустимый	Снижен	за счет внедрения средств защиты, уменьшающих вероятность реализации угрозы или коэффициент разрушительности
	Устранен	за счет отказа от использования подверженного угрозе ресурса или информации
	Перенесен	застрахован, в результате чего в случае реализации угрозы безопасности, потери будет нести страховая компания, а не владелец
Допустимый	Принят	потери незначительны и/или вероятность реализации минимальна и могут не применяться средства защиты

В результате успешной реализации той или иной угрозы информация, хранящаяся и обрабатываемая на АРМ, может быть подвержена несанкционированному изменению, уничтожению и разглашению, что может повлечь как материальный, так и нематериальный ущерб. Следовательно, для противодействия злоумышленным воздействиям и их последствиям, для снижения общего уровня риска необходимо применять средства защиты, позволяющие повысить общую защищенность АРМ. Таким образом, при оценке защищенности целесообразно учитывать возможность перекрытия множества угроз средствами защиты и оценивать остаточный риск от реализации каждой угрозы.

ФОРМАЛИЗОВАННАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ЗАЩИЩЕННОСТИ АРМ

Формализованно модель оценки качественной защищенности АРМ можно представить в виде совокупности множеств

$$SAM = \{RE, TR, SP, SL, KE, REC, STATUS\}, \quad (1)$$

где RE – множество требований безопасности, определяют критический уровень риска $R_{крит}$, приемлемый уровень риска $R_{дон}$; C_{max} – максимально допустимые затраты на средства защиты; $SL_{дон}$ – приемлемый уровень защищенности АРМ;

TR – множество угроз безопасности АРМ, где $\forall TR_i \in TR, i=1..n, n$ – количество актуальных угроз; $TR_i = \{P_i, U_i, R_i\}$; $P_i \in [0,1]$ – вероятность реализации угрозы; U – ущерб от реализации угрозы; $R_i = U_i P_i$ – риск от каждой угрозы;

SP – множество средств защиты, $\forall SP_k \in SP, k=1..m$ описывается вектором значений $SP_k = \{C_{SPk}\}$, где C_{SPk} – стоимость средства защиты; m – количество используемых средств.

SL – множество уровней защищенности АРМ, описывается качественной шкалой $SL = \{Impermissible, Low, Middle, High\}$, что соответствует не допустимому, низкому, среднему и высокому уровню. Чем выше уровень защищенности, тем меньше вероятность реализации угрозы и ниже риски.

KE – множество критериев эффективности средств защиты. Используются для выбора дополнительных средств защиты, которые могут быть рекомендованы для повышения защищенности в случае, если текущий уровень защищенности SL_T не соответствует минимально допустимому уровню $SL_{дон}$;

REC – множество рекомендаций, которые применяются к каждой угрозе в соответствии с допустимостью риска от ее реализации. Принимает значения $REC = \{A, B, C, D\}$, где A – действия, связанные с риском, должны быть выполнены немедленно и в обязательном порядке; B – действия, связанные с риском, должны быть предприняты; C – требуется мониторинг ситуации, непосредственных мер по противодействию угрозе принимать не следует; D – никаких действий в данный момент предпринимать не требуется.

$STATUS$ – множество, описывающее два состояния АРМ, указывающих на защищенность или незащищенность соответственно $STATUS = \{\text{protected}, \text{not_protected}\}$.

Отношение между средствами защиты SP и множеством актуальных угроз TR описывается матрицей бинарных отношений $M_{TR}^{SP} = \|m_{TRi}^{SPk}\|$, где m_{TRi}^{SPk} отображает наличие и тип связи между угрозой TR_i и средством защиты SP_k . По своей сути является матрицей перекрытия угроз безопасности АРМ средствами защиты АРМ.

$$m_{TRi}^{SPk} = \begin{cases} 0, & \text{если } TR_i \text{ закрывается } SP_k \text{ средством защиты} \\ 1, & \text{если } TR_i \text{ не закрывается } SP_k \text{ средством защиты} \end{cases}. \quad (2)$$

Значения риска реализации каждой угрозы $\forall TR_i \in TR$ с учетом ее перекрытия существующим средствами защиты АРМ $SP_k \in SP$ определяется по формуле 3.

$$R_{TRi} = R_i \sum_{k=1}^m m_{TRi}^{SPk}. \quad (3)$$

Рекомендации REC по действиям относительно каждой угрозы $TR_i \in TR$ являются функцией от риска реализации угрозы с учетом возможности ее перекрытия средством защиты и зависят от степени допустимости риска (формула 4).

$$REC(TR_i) = \begin{cases} D, \text{ если } R_{TRi} < R_{don} \\ C, \text{ если } R_{don} \leq R_{TRi} < \frac{R_{krit}}{2} \\ B, \text{ если } \frac{R_{krit}}{2} \leq R_{TRi} < R_{krit} \\ A, \text{ если } R_{TRi} \geq R_{krit} \end{cases} \quad (4)$$

Текущий уровень защищенности АРМ SL_T зависит от значения рекомендаций по устранению риска от реализации каждой актуальной для АРМ угрозы и определяется с учетом формулы 4 по формуле 5 следующим образом:

$$SL_T = \begin{cases} High, \text{ если } \forall TR_i \in TR: REC(TR_i) = D \\ Middle, \text{ если } \forall TR_i \in TR: REC(TR_i) \leq C \\ Low, \text{ если } \forall TR_i \in TR: REC(TR_i) \leq B \\ Impermissible, \text{ если } \forall TR_i \in TR: REC(TR_i) = A \end{cases} \quad (5)$$

где $A > B > C > D$.

В том случае если полученное значение текущего уровня защищенности АРМ SL_T ниже требуемого значения SL_{don} , то принимается решение о незащищенности и предлагается в рамках бюджета подобрать дополнительные средства защиты, применение которых позволит повысить уровень защищенности до требуемого. В противном случае АРМ признается защищенным и не требующим использования дополнительных средств защиты (формула 6).

$$STATUS = \begin{cases} protected, \text{ если } SL_T \geq SL_{don} \\ not_protected, \text{ если } SL_T < SL_{don} \end{cases} \quad (6)$$

В случае, если АРМ не защищено, то при выборе дополнительных средств защиты производится оценка их эффективности при помощи пяти частных критериев эффективности из множества KE и одного обобщенного E . Правила и формализованная процедура оценки эффективности средств защиты описаны автором в [7]. Таким образом, в рекомендации по повышению защищенности выносятся только те средства, которые имеют наилучший показатель эффективности и попадают в ограничения на стоимость средств защиты.

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ ЗАЩИЩЕННОСТИ АРМ

Программная реализация модели оценки защищенности АРМ пользователя, выполняющая описанные выше задачи, имеет модульную архитектуру, которая представлена на рисунке 1.

Пользовательский интерфейс имеет графический вид и предназначен для ввода данных, вывода результатов и организации взаимодействия пользователя с программой.

Модуль сбора характеристик об АРМ и требований к защите на основании опросного листа (анкеты), заполняемого пользователем, формирует список данных о характеристиках АРМ, области его применения, количестве пользователей, имеющихся средствах защиты, уровне критичного и допустимого риска, допустимого уровня защищенности, а также предельно допустимой стоимости средств защиты.

Модуль инвентаризации и ранжирования данных осуществляет поиск каталогов и файлов, производит классификацию найденной информации по степени важности и категории доступа, позволяет установить пользователям ее стоимость и ранжировать найденные данные. Передает данные в модуль «Сбор характеристик об АРМ и требований к защите».

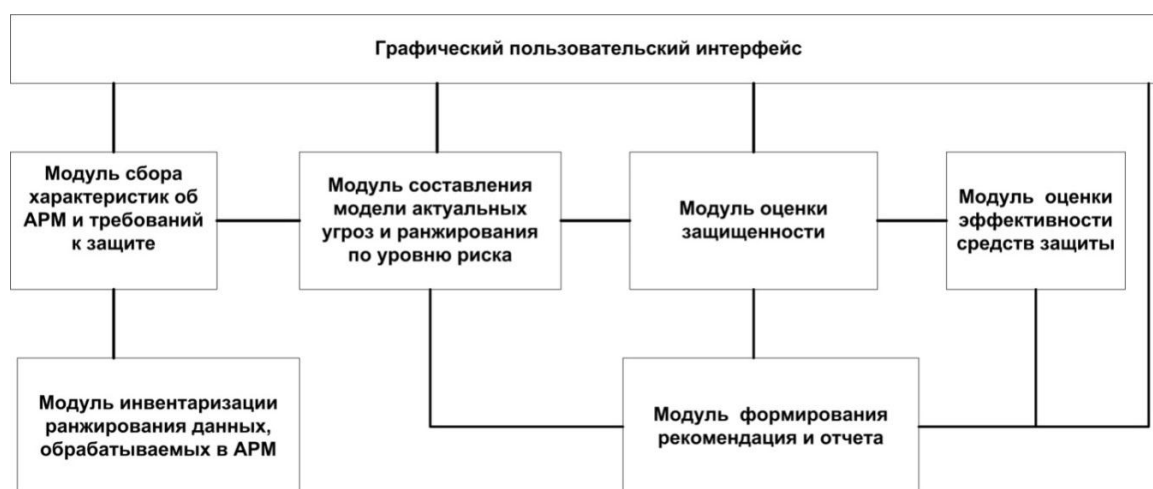


Рисунок 1 – Архитектура модели оценки защищенности АРМ пользователя

Модуль составления модели актуальных угроз позволяет выбрать из списка потенциально возможных угроз угрозы, которые будут наиболее актуальны для данного АРМ, и присвоить им значения вероятности реализации и потенциального ущерба. Затем на основании внесенных данных модуль рассчитывает суммарный риск и риск для каждой угрозы из списка актуальных. Передает данные в модуль «Формирование рекомендаций и отчета», где на основании данных о допустимом уровне риска для каждой угрозы вырабатываются мероприятия направленные на устранение рисков.

Модуль оценки защищенности АРМ на основании данных об уровне риска и рекомендациях по защите от каждой угрозы позволяет оценить и присвоить ПК один из 4 уровней защищенности. А если уровень защищенности АРМ не советует допустимому, вызвать модуль по подбору и оценки эффективности дополнительных средств защиты.

Модуль оценки эффективности средств защиты позволяет отобрать из списка различные средства защиты, которые могут применяться для последующей оценки их эффективности. На основании данных о требованиях к защите, модели актуальных угроз и списка средств-претендентов производит комплексную оценку эффективности каждого средства защиты на основании 5 взвешенных по уровню значимости частных критериев. Средства, получившие лучшие оценки и удовлетворяющие наложенным ограничениям, признаются эффективными и рекомендуются для внедрения с целью повышения защищенности АРМ.

Модуль формирования рекомендаций и отчета обеспечивает взаимодействие между другими модулями и на основании данных о допустимом уровне риска вырабатывает комплекс мероприятий – рекомендаций по защите от каждой из актуальных угроз, определяет соответствие между рассчитанным уровнем защищенности и допустимым и выносит решение о защищенности АРМ или его незащищенности. И если АРМ не защищен, выводит список рекомендуемых средств защиты.

ПРОЦЕДУРА ОЦЕНКИ ЗАЩИЩЕННОСТИ АРМ С ПОМОЩЬЮ РАЗРАБОТАННОЙ ПРОГРАММНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ МОДЕЛИ

Для решения задач оценки защищенности АРМ с помощью разработанной программной реализации модели предлагается процедура, описанная следующей последовательностью шагов:

1) сбор данных об АРМ, назначении и области применения, характеристиках, категории обрабатываемой информации, видах и стоимости информационных активов, количестве и типе используемых средств защиты;

- 2) установка ограничений на стоимость средств защиты, значения допустимого риска и критического риска;
- 3) составление модели актуальных для АРМ угроз, задание экспертных оценок вероятности реализации и потенциального ущерба для каждой угрозы;
- 4) составление матрицы перекрытия актуальных угроз средствами защиты, используемыми в АРМ;
- 5) расчет риска от реализации каждой актуальной угрозы, расчет общего риска с учетом перекрытия угроз средствами защиты;
- 6) ранжирование угроз по уровню допустимости риска;
- 7) оценка текущего уровня защищенности АРМ;
- 8) сравнение текущего уровня защищенности с требуемым уровнем защищенности, если уровень выше или соответствует – переход к шагу 11, если не соответствует – переход к шагу 9;
- 9) принятие решения о необходимости изменения состава средств защиты АРМ и/или применения дополнительных средств;
- 10) подбор состава и оценка эффективности дополнительных средств защиты, переход к шагу 4 для повторной оценки защищенности АРМ с учетом использования подобранных дополнительных средств;
- 11) формирование отчета о результатах оценки защищенности и выдача рекомендаций о повышении защищенности АРМ.

При сравнении предложенного подхода с такими подходами к анализу защищенности, как оценка защищенности на основе непрерывного бегта-распределения плотности вероятности ущерба [6]; оценка защищенности как величины предотвращенного ущерба [8]; численная оценка уровня защищенности на основе вероятностно-статистического подхода [9]; векторный анализ информационной безопасности системы [10]. Разработанная модель обладает следующими преимуществами:

- использует комбинированный подход, построенный на применении количественно-качественной оценки защищенности, при котором защищенность представляет собой функцию от значений рекомендаций по устранению риска от реализации каждой актуальной угрозы для АРМ;
- дает возможность построить матрицу отношений между угрозами и используемыми средствами защиты и оценить риск реализации каждой угрозы по трехфакторной модели, учитывающей вероятность реализации и ущерб, которые оцениваются экспертной оценкой и возможность перекрытия данной угрозы средством защиты АРМ;
- позволяет не только оценить уровень защищенности, но и в случае несоответствия подобрать наиболее рациональные средства защиты для АРМ, применения которых позволит устранить выявленные на этапе анализа показателей защищенности несоответствия требованиям организации-владельца и повысить уровень защищенности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведен анализ угроз безопасности информации, обрабатываемой АРМ пользователя, злоумышленных воздействий и их последствий. Разработана формализованная модель качественной оценки уровня защищенности АРМ пользователя. Теоретическая значимость работы заключается в разработке процедуры качественной оценки уровня защищенности АРМ, позволяющей комплексно учитывать требования к защищенности АРМ, актуальные для АРМ угрозы, риски и эффективность средств защиты в отношении каждой угрозы. Применение разработанной процедуры позволит оценить степень выполнения требований к защите, присвоить АРМ один из 4 уровней защищенности, выявить наиболее опасные угрозы и выработать список рекомендаций относительно каждой угрозы. Практическая значимость работы заключается в разработке программного комплекса, автоматизирующего модель оценки защищенности АРМ, и выбора

рационального состава средств защиты АРМ. Использование разработанной модели позволяет повысить эффективность создаваемых систем защиты на этапе их проектирования. Кроме того, разработанный программный комплекс может применяться в качестве вспомогательного инструментального средства поддержки принятия решений при проведении внутреннего аудита информационной безопасности в корпоративных ИС предприятий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Девянин П.Н. Модели безопасности компьютерных систем: учебное пособие для студентов высших учебных заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 2012. – 144 с.
2. Гончаров М.М., Борисов В.В. Разработка модели анализа рисков информационной безопасности компьютерных систем на основе нечеткой логики // Защита информации, 2011. – № 1(18) [Электронный ресурс]. – URL: <http://network-journal.mpei.ac.ru/cgi-bin/main.pl?ar=1&l=ru&n=18&pa=9> (дата обращения: 20.07.2015).
3. Жукова М.Н., Коромыслов Н.А. Модель оценки защищенности автоматизированной системы с применением аппарата нечеткой логики // Известия ЮФУ. Технические науки, 2013. – № 12(149). – С. 63-69.
4. Булдакова В.И., Миков Д.А. Оценка информационных рисков в автоматизированных системах с помощью нейрочетких моделей // МГТУ им. Н.Э. Баумана. – Наука и образование, 2013. – № 11 [Электронный ресурс]. – URL: <http://technomag.edu.ru/doc/645489.html> (дата обращения: 17.08.2015)
5. Symantec Intelligent report. July 2014 // Публикации службы Security Response. Symantec [Электронный ресурс]. – URL: http://www.symantec.com/content/en/us/enterprise/other_resources/b-intelligence_report_07-2014.en-us.pdf (дата обращения: 01.08.2015).
6. Остапенко О.А., Нарватов А.Н., Боев С.А. Непрерывное бетта-распределение плотности вероятностей ущерба систем при оценке их рисков и ущерба // Информация и безопасность, 2006. – № 2. – Том 9. – С. 94-97.
7. Оладько В.С. Оценка эффективности средств защиты персонального компьютера // Евразийский союз ученых, 2015. – № 3(12). – С. 130-132.
8. Дмитриева Е.Ю., Паниткин Д.В. К вопросу об оценке защищенности локальной вычислительной сети // Информация и безопасность, 2008. – № 3. – Т. 11. – С. 465-466.
9. Машкина И.В., Алекса С.Н. Разработка метода численной оценки уровня защищенности информации на объекте защиты на основе вероятностно-статистического подхода // Известия ЮФУ. Технические науки, 2008. – № 8. – С. 47-55.
10. Маковецкий А.А., Филькин Е.В. Векторный анализ проблем информационной безопасности // Актуальные проблемы безопасности информационных технологий: материалы II Международной научно-практической конференции. – Красноярск, 2008. – С. 67-73.

Оладько Владлена Сергеевна

ФГАОУ ВО «Волгоградский государственный университет», г. Волгоград

Кандидат технических наук, доцент кафедры информационной безопасности

E-mail: oladko.vs@yandex.ru

V.S. OLAD'KO (Candidate of Engineering Sciences,
Associate Professor of the Department of Information Security)
Volgograd State University, Volgograd

MODEL EVALUATION OF SECURITY AUTOMATED WORKPLACE OF USER

The problem of ensuring the security of workstations of users in the enterprise information system considered. Basic information security threats in the workstations allocated. It is concluded that the concept of security is closely connected to the concepts of risk and damage from threats. The author suggests a qualitative approach to assess the

level of security workstation, based on a risk analysis of the threats by using various remedies. The author presents a formalized description of the valuation model of security. The program automates the proposed model has been developed.

Keywords: risk; information security; system security audits; threat; damage.

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Devyanin P.N. Modeli bezopasnosti komp'yuterny'x sistem: uchebnoe posobie dlya studentov vy'sshix uchebny'x zavedenij. – M.: Izdatel'skij centr «Akademiya», 2012. – 144 s.
2. Goncharov M.M., Borisov V.V. Razrabotka modeli analiza riskov informacionnoj bezopasnosti komp'yuterny'x sistem na osnove nechetkoj logiki // Zashhita informacii, 2011. – № 1(18) [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://network-journal.mpei.ac.ru/cgi-bin/main.pl?ar=1&l=ru&n=18&pa=9> (data obrashheniya: 20.07.2015).
3. Zhukova M.N., Koromy'slov N.A. Model' ocenki zashhishhennosti avtomatizirovannoj sistemy' s primeneniem apparata nechetkoj logiki // Izvestiya YuFU. Texnicheskie nauki, 2013. – № 12(149). – S. 63-69.
4. Buldakova V.I., Mikov D.A. Ocenka informacionny'x riskov v avtomatizirovanny'x sistemax s pomoshh'yu nejrochetkix modelej // MGTU im. N.E'. Bauman. – Nauka i obrazovanie, 2013. – № 11 [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://technomag.edu.ru/doc/645489.html> (data obrashheniya: 17.08.2015)
5. Symantec Intelligent report. July 2014 // Publikacii sluzhby Security Response. Symantec [E'lektronny'j resurs]. – URL: http://www.symantec.com/content/en/us/enterprise/other_resources/b-intelligence_report_07-2014.en-us.pdf (data obrashheniya: 01.08.2015).
6. Ostapenko O.A., Narvatov A.N., Boev S.A. Neprery'vnoe betta-raspredelenie plotnosti veroyatnostej ushherba sistem pri ocenke ix riskov i ushherba // Informaciya i bezopasnost', 2006. – № 2. – Tom 9. – S. 94-97.
7. Olad'ko V.S. Ocenka e'ffektivnosti sredstv zashhity' personal'nogo komp'yutera // Evrazijskij soyuz ucheny'x, 2015. – № 3(12). – S. 130-132.
8. Dmitrieva E.Yu., Panitkin D.V. K voprosu ob ocenke zashhishhennosti lokal'noj vy'chislitel'noj seti // Informaciya i bezopasnost', 2008. – № 3. – T. 11. – S. 465-466.
9. Mashkina I.V., Aleksa S.N. Razrabotka metoda chislennoj ocenki urovnya zashhishhennosti informacii na ob''ekte zashhity' na osnove veroyatnostno-statisticheskogo podxoda // Izvestiya YuFU. Texnicheskie nauki, 2008. – № 8. – S. 47-55.
10. Makoveckij A.A., Fil'kin E.V. Vektorny'j analiz problem informacionnoj bezopasnosti // Aktual'ny'e problemy' bezopasnosti informacionny'x tehnologij: materialy' II Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. – Krasnoyarsk, 2008. – S. 67-73.

ТРЕБОВАНИЯ
к оформлению статьи для опубликования в журнале
«Информационные системы и технологии»

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

Объем материала, предлагаемого к публикации, измеряется страницами текста на листах **формата А4** и содержит от **4 до 9 страниц**; все страницы рукописи должны иметь сплошную нумерацию.

В одном сборнике может быть опубликована только **одна** статья **одного** автора, включая соавторство.

Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

Аннотации всех публикуемых материалов, ключевые слова, информация об авторах, списки литературы будут находиться в свободном доступе на сайте соответствующего журнала и на сайте Российской научной электронной библиотеки – РУНЭБ (Российский индекс научного цитирования).

ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ НАУЧНОЙ СТАТЬИ

Научная статья, предоставляемая в журналы, должна иметь следующие **обязательные** элементы:

- постановка проблемы или задачи в общем виде;
- анализ достижений и публикаций, в которых предлагается решение данной проблемы или задачи, на которые опирается автор, выделение научной новизны;
- исследовательская часть;
- обоснование полученных результатов;
- выводы по данному исследованию и перспективы дальнейшего развития данного направления;
- библиография.

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ НАУЧНОЙ СТАТЬИ

Статья должна быть набрана шрифтом Times New Roman, размер 12 pt с одинарным интервалом, текст выравнивается по ширине; абзацный отступ – 1,25 см, правое поле – 2 см, левое поле – 2 см, поля внизу и сверху – 2 см.

Обязательные элементы:

- **УДК**
- **заглавие (на русском и английском языках)**
- **аннотация (на русском и английском языках)**
- **ключевые слова (на русском и английском языках)**
- **список литературы**, на которую автор ссылается в тексте статьи.

ТАБЛИЦЫ, РИСУНКИ, ФОРМУЛЫ

Все таблицы, рисунки и основные формулы, приведенные в тексте статьи, должны быть пронумерованы.

Формулы следует набирать в редакторе формул Microsoft Equation 3.0 с размерами: обычный шрифт – 12 pt, крупный индекс – 10 pt, мелкий индекс – 8 pt. **Формулы, внедренные как изображение, не допускаются!** Русские и греческие буквы, а также обозначения тригонометрических функций набираются прямым шрифтом, латинские буквы – *курсивом*.

Рисунки и другие иллюстрации (чертежи, графики, схемы, диаграммы, фотоснимки) следует располагать непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые. Рисунки, число которых должно быть логически оправданным, представляются в виде отдельных файлов в формате *.eps (Encapsulated PostScript) или TIF размером не менее 300 dpi.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

В конце статьи приводятся набранные 10 pt сведения об авторах в такой последовательности: фамилия, имя, отчество (полужирный шрифт); учреждение или организация, ученая степень, ученое звание, должность, адрес, телефон, электронная почта (обычный шрифт). Сведения об авторах также предоставляются отдельным файлом и обязательно дублируются на английском языке.