

ТЕМАТИЧЕСКИЙ ВЫПУСК

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СФЕРЕ СЕРВИСА

*Под редакцией кандидата технических наук, доцента И. Л. Коршунова*

### СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	5
------------------	---

#### ПРИКЛАДНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ

<b>Коршунов И. Л.</b> Состояние и концепция развития информационных технологий в сфере сервиса .....	7
<b>Микадзе С. Ю., Колбанёв М. О., Татарникова Т. М.</b> Модель информационного взаимодействия для предприятий сервиса.....	10
<b>Воробьёв А. И., Колбанёв М. О., Татарникова Т. М.</b> Оценка вероятностно-временных характеристик процесса предоставления информационно-справочных услуг .....	15
<b>Попова Е. В.</b> Эффективность системы защиты информации с учетом критерия обеспечения конкурентоспособности предприятия .....	19
<b>Левкин И. М.</b> Модель обработки документальных источников информации деловой разведки .....	23
<b>Головкин Ю. Б., Ярцев Р. А., Газетдинова С. Г.</b> Моделирование процессов инструментальной подготовки сервисного обслуживания на основе экспертных оценок .....	27

#### КОМПЬЮТЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ

<b>Верзун Н. А., Воробьёв А. И., Пойманова Е. Д.</b> Моделирование процесса передачи информации с разграничением прав доступа пользователей.....	33
<b>Колбанёв М. О., Пойманова Е. Д., Татарникова Т. М.</b> Физические ресурсы информационного процесса сохранения данных.....	38
<b>Колбанёв М. О., Верзун Н. А., Омелян А. В.</b> Об энергетической эффективности сетей пакетной передачи данных .....	42
<b>Головкин Ю. Б., Гусаренко А. С.</b> Применение нечетких гиперграфов в моделях генерации web-компонентов.....	47

<b>Богатырев В. А., Богатырев А. В., Богатырев С. В.</b> Перераспределение запросов между вычислительными кластерами при их деградации.....	54
<b>Богатырев В. А., Богатырев А. В.</b> Уточненная граничная оценка надежности структурно сложных систем при композиции методов Эзари — Прошана и Литвака — Ушакова.....	59
<b>Татарникова Т. М., Яготинцева Н. В.</b> Оценка функциональной надежности корабельной сети передачи данных.....	62
<b>Емельянов А. А.</b> Психодиагностическое тестирование как инструмент повышения надежности программного обеспечения.....	66
<b>Пуха Г. П., Попов П. В., Драчев Р. В., Попцова Н. А.</b> Построение системы интеллектуальной поддержки принятия решений по организации услуг мобильной связи.....	70
<b>ПРАКТИЧЕСКИЕ РАЗРАБОТКИ</b>	
<b>Пуха Г. П., Прохорова Е. А.</b> Вариант построения балльно-рейтинговой системы оценки знаний при реализации образовательных услуг.....	76
SUMMARY ( <i>перевод Ю. И. Копилевича</i> ).....	82

## THEMATIC ISSUE

# INFORMATION TECHNOLOGIES IN SERVICE INDUSTRY

*By Edition of I. L. Korshunov, Candidate of Technical Science, Associate Professor*

## CONTENTS

PREFACE .....	5
<b>APPLIED INFORMATION TECHNOLOGIES AND SYSTEMS</b>	
<b>Korshunov I. L.</b> State of the Art and Concept of Development of Information Technologies in Service Trade.....	7
<b>Mikadze S. Yu., Kolbanev M. O., Tatarnikova T. M.</b> Model of Information Interaction for Service Companies .....	10
<b>Vorobyov A. I., Kolbanev M. O., Tatarnikova T. M.</b> Assessment of Probabilistic-Temporal Characteristics of the Process of I&R Service Rendering .....	15
<b>Popova H. V.</b> Effectiveness of Information Security System with the Account for Criterion of Assurance of Enterprise Competitiveness .....	19
<b>Levkin I. M.</b> Model of Documentary Source Processing in Business Intelligence.....	23
<b>Golovkin Yu. B., Yartsev R. A., Gazetdinova S. G.</b> Modelling the Process of Instrumental Preparation of Service Rendering Based on Expert Judgment.....	27
<b>COMPUTER SYSTEMS AND NETWORKS</b>	
<b>Verzun N. A., Vorobyov A. I., Poimanova E. D.</b> Modeling Information Transfer Process in Network with Access Rights Differentiation.....	33
<b>Kolbanev M. O., Poimanova E. D., Tatarnikova T. M.</b> Physical Resources of Information Process of Data Saving.....	38
<b>Kolbanev M. O., Verzun N. A., Omelyan A. V.</b> On Energy Efficiency of Packet Transmission Networks.....	42
<b>Golovkin Yu. B., Gusarenko A. S.</b> Application of Fuzzy Hypergraphs in Models of Web-Components Generation.....	47
<b>Bogatyrev V. A., Bogatyrev A. V., Bogatyrev S. V.</b> Requests Redistribution between Computing Clusters under Degradation.....	54
<b>Bogatyrev V. A., Bogatyrev A. V.</b> Improvement of Reliability Bound for Systems of Complex Structure by Composition of the Esary — Proschan and Litvak — Ushakov Methods.....	59
<b>Tatarnikova T. M., Yagotinceva N. V.</b> Evaluation of Functional Reliability of Shipboard Network .....	62
<b>Emelyanov A. A.</b> Psychodiagnostic Testing as a Method to Improve Software Reliability.....	66

<b>Pukha G. P., Popov P. V., Drachev R. V., Poptsova N. A.</b> Construction of Intellectual System of Decision-Making Support in Organization of Mobile Communication Services.....	70
<b>PRACTICAL DEVELOPMENTS</b>	
<b>Pukha G. P., Prokhorova E. A.</b> Variant of Mark-Rating System for Knowledge Assessment in Realization of Educational Services .....	76
SUMMARY .....	82

*Editor-in-Chief E. B. Yakovlev*

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящий тематический выпуск подготовлен сотрудниками кафедры прикладных информационных технологий Санкт-Петербургского государственного экономического университета (СПбГЭУ), которая осуществляет подготовку бакалавров и магистров по направлениям „Прикладная информатика“, „Инфокоммуникационные технологии и системы связи“ и „Информационные системы и технологии“. Кафедра готовит специалистов в области информационных технологий для предприятий и организаций таких сфер сервиса, как государственное и муниципальное управление, социальная сфера, финансы и экономика, туризм и гостиничное хозяйство, автосервис, торговля и ресторанный бизнес, бытовые услуги.

Программы подготовки бакалавров и магистров в области информационных технологий ориентированы на решение следующих задач: организация информационной инфраструктуры предприятия и эффективное управление процессами ее жизненного цикла; стратегическое планирование процесса развития информационных технологий управления предприятием; разработка административных регламентов деятельности предприятия; оптимизация процессов обслуживания и развития информационной инфраструктуры предприятия; анализ соответствия бизнес-процессов и информационно-технологической инфраструктуры стратегиям и целям предприятий и организаций сферы сервиса.

С момента создания кафедры в 70-е годы прошлого века формирование ее научной школы осуществлялось в составе Санкт-Петербургского государственного университета сервиса и экономики (СПбГУСЭ), что и определило научное направление кафедры как информационные и информационно-коммуникационные системы и технологии в сфере сервиса.

Неоценимый вклад в формирование и развитие научной школы кафедры внес трагически погибший ректор СПбГУСЭ профессор Александр Дмитриевич Викторov. Научные работы сотрудников кафедры, представленные в настоящем выпуске, посвящены его светлой памяти.

*Заведующий кафедрой  
прикладных информационных технологий СПбГЭУ  
кандидат технических наук, доцент И. Л. КОРШУНОВ*

## PREFACE

Department of Applied Information Technologies at St. Petersburg State University of Economics is engaged in training of bachelors and masters specialized in “Applied Mathematics”, “Information Technologies and Communication Systems”, and “Information Systems and Technologies”. IT-specialists graduated from the Department are employed by enterprises and institutions of service industry: in state and municipal management, social sphere, finance and economics, tourism and hotel business, car-care service, trading and restaurant, domestic services. The Department provides lessons in disciplines related to application of information technologies for students of all specialties in service industry.

The programs of bachelors and masters training in the field of information technologies are aimed at solving various problems including organization and effective management of life cycle processes in enterprise IT-structure, creation and strategic planning of progress of information technologies in enterprise management, management of development of administrative regulation of enterprise activity, optimization of development and maintaining the enterprise IT-structure, analysis of conformity of business processes and IT-structure with strategy and objectives of enterprises and institution in service industry.

Starting from the Department foundation in the seventies of the last century, the scientific school of the Department has been developed as a part of St. Petersburg State University of Service and Economics, and that is why the line of scientific investigation carried out at the department is information and info-communication systems and technologies in service trade.

An inestimable contribution to creation and development of the scientific school of the Department belong to tragically passed Prof. A. D. Viktorov, former Rector of the University. Collective of the department is grateful to him for attention and support of the scientific school. The works presented in this issue we dedicate to cherished memory of Prof. Alexander Viktorov.

*Head of Applied Information Technologies Department  
of St. Petersburg State University of Economics  
Candidate of Technical Science, Associate Professor  
I. L. KORSHUNOV*

---

---

# ПРИКЛАДНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ

---

---

УДК 004

И. Л. КОРШУНОВ

## СОСТОЯНИЕ И КОНЦЕПЦИЯ РАЗВИТИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СФЕРЕ СЕРВИСА

Рассматриваются состояние и концепция развития информационных технологий в сфере сервиса, а также особенности подготовки специалистов в этой сфере.

*Ключевые слова:* информационный процесс, информационная технология, сфера сервиса, информационный продукт, информационная услуга.

В современном обществе сфера услуг играет важную роль. Значительная часть валового внутреннего продукта наиболее развитых стран приходится на сферу услуг, в которой работает не менее половины трудоспособного населения. В постиндустриальной экономике услуги окончательно утвердились в товарных формах.

Для сферы услуг как обобщающей категории, включающей производство разнообразных видов услуг, оказываемых физическими и юридическими лицами, используется понятие „сервис“. Как отмечают аналитики в области национальной экономики (см., например [1]), в России и в других развитых странах сформировалась социально-экономическая структура „сервис“, являющаяся неотъемлемой частью общественной жизни, как и структуры „энергетика“, „экология“.

В соответствии с философско-методологическими основами построения экономической теории сервиса [2] выделяют следующие особенности этой сферы. Во-первых, сервис рассматривается не только как этап потребления товаров и услуг, но и как этап их производства. Сервис функционирует на стыке производственных и непроизводственных отраслей, он неоднороден по своей структуре и является, по сути, третичным сектором социально-экономической деятельности общества, связанным с индустрией услуг. Во-вторых, в экономике выделяют 4 составляющие: производство, распределение, обмен и потребление. Для сферы сервиса характерен процесс потребления, т.е. сервис можно считать частью экономики. С другой стороны, наряду с потреблением, в сфере сервиса изучается и антропологический аспект его реализации, что выходит за рамки экономической теории. Сфера сервиса представляет собой связующее звено между общественным производством (обособленным по отношению к человеку) и непосредственно человеком с его индивидуальными запросами и потребностями. Таким образом, с позиции сервиса, человек рассматривается не как средство общественного производства, а как его цель.

В соответствии с общероссийским классификатором услуг населению [3] объектами классификации являются услуги, оказываемые предприятиями различных организационно-правовых форм собственности и отдельными гражданами — индивидуальными предпринимателями, использующими различные формы и методы обслуживания. В данном классификаторе

определены 13 групп услуг, в частности: бытовые, транспортные, связи, жилищно-коммунальные, туристические, медицинские и санаторно-оздоровительные, правового характера, банковские, образовательные, торговли и общественного питания и пр.

Потребителями перечисленных услуг могут быть как граждане России, так и приезжающие в Россию граждане зарубежных стран, при этом большая часть услуг являются трансграничными, что требует соблюдения международных технологий и стандартов. Таким образом, непереносимое условие развития сферы услуг — внедрение современных информационных технологий.

С развитием информационного общества информация стала товаром, который продается и/или предоставляется в виде услуги. В связи с этим информационные технологии в сфере услуг понимаются как определенная последовательность операций, выполняемых в целях получения информационного продукта, предназначенного для удовлетворения потребностей пользователя без дополнительных усилий с его стороны. Распространение информационного продукта осуществляется с помощью информационных услуг, обеспечивающих предоставление пользователю информации в соответствии с поступившим запросом или выявленной потребностью. Примерами информационного продукта могут быть книга, диск с аудио- или видеозаписью, компьютерная программа и др., а примерами информационных услуг — поисково-справочная система, электронная почта и др.

Как любой материальный продукт, информационные продукты и услуги обладают потребительскими свойствами, под которыми понимается способность удовлетворять конкретные запросы пользователей. Потребительские свойства информационных продуктов существенно отличаются от аналогичных свойств других продуктов, что связано, в первую очередь, с особенностями предоставляемой информации: например, в процессе потребления информационный продукт не исчезает (не расходуется), а лишь его потребительские свойства могут изменяться во времени.

Широкое применение информационных технологий, которые в подавляющем большинстве случаев реализуются на базе компьютеров, позволяет обеспечить получение конечного информационного продукта. Во всем многообразии информационных технологий может быть выделено две группы: технологии, применяемые в различных предметных областях, и технологии, предназначенные для использования в одной конкретной предметной области. Первую группу информационных технологий принято называть [4] *базовыми*, а вторую — *прикладными*. К базовым относятся мультимедиа, геоинформационные, телекоммуникационные технологии, технологии защиты информации и др.; прикладными являются информационные технологии в образовании, экономике, сервисе и др.

Рассмотрим ряд особенностей прикладных информационных технологий, используемых в сервисе.

1. Многообразие и широкий спектр прикладных информационных технологий. Особенность применения большого количества технологий связана с наличием множества предметных областей, относящихся к сфере услуг, и их разнообразием.

2. Ориентация применяемых информационных технологий на конкретного пользователя. Сервис полностью зависит от спроса на предлагаемую услугу. Процесс оказания услуг состоит из трех взаимосвязанных действий: прием заказов на услуги от населения, производство (выполнение, создание услуг) и реализация услуг. Успех компании в условиях растущей конкуренции во многом определяется тем, насколько точно и своевременно она способна определить нужды и индивидуальные предпочтения каждого из своих клиентов, предложив продукт или услугу на более высоком, чем конкуренты, уровне. Компания, использующая современные прикладные информационные технологии, должна предложить клиенту комплекс услуг, не имеющих непосредственного отношения к купленному товару, но способствующих установлению доверия покупателя к данной компании.

3. Интеллектуализация информационных технологий. Сервис должен реализовывать весь комплекс интеллектуальных услуг, связанных с индивидуализацией, т.е. с более эффективной эксплуатацией товара в конкретных условиях его использования данным потребителем (или с расширением для него сферы полезности товара).

4. Необходимость реализации и поддержки услуг, вследствие территориальной разобщенности производства и пунктов приема заказов. Кроме того, использование прикладных информационных технологий должно способствовать функционированию как малых, так и крупных предприятий сервиса.

5. Необходимость учета российских и международных стандартов, регламентирующих применение информационных технологий.

6. Учет психолого-социологической квалификации обслуживающего персонала. Применяемые информационные технологии должны обеспечивать поддержку корпоративной этики и, в случае необходимости, способствовать нивелированию фактов неудовлетворительного обслуживания клиента.

Непрерывное условие развития сферы услуг — наличие специалистов в сфере сервиса, владеющих современными информационными технологиями. Кафедра прикладных информационных технологий Санкт-Петербургского государственного экономического университета имеет опыт подготовки таких специалистов. Студентам всех направлений обучения преподается дисциплина, посвященная применению информационных технологий в соответствующей предметной области. Дисциплина содержит две части: общую и прикладную. В общей части предполагается ознакомление студентов с понятиями „информационный процесс“, „информационная технология“, „информационная система“ применительно к сфере сервиса, а также с содержанием и принципами реализации наиболее распространенных информационных процессов и технологий. Прикладная часть посвящена изучению студентами информационных технологий, используемых в их профессиональной предметной области, при этом особое значение придается изучению моделей, методов и средств реализации этих технологий. Заключение договоров о сотрудничестве с фирмами-производителями прикладного программного обеспечения позволяет студентам закреплять полученные знания при решении конкретных профессиональных задач в ходе лабораторных работ.

Научные интересы преподавателей кафедры связаны с моделированием и оптимизацией процессов и систем для сферы сервиса [5—8], с созданием центров обработки данных [8—9], с защитой информации и обеспечением надежности предоставления информационных услуг [10—13], с информационно-аналитической деятельностью [14], с методологией формирования и реализации систем интеллектуальной поддержки принятия решений [15] и другими областями сферы услуг.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Назиров А. Э. Человек и его потребности: Учебник. СПб: ИЦ „Интермедиа“, 2012. 439 с.
2. Назиров А. Э. Методология построения теории сервиса // Общество. Среда. Развитие. 2012. № 4. С. 226—229.
3. Общероссийский классификатор услуг населению ОК 002-93 (ОКУН); утв. Постановлением Госстандарта РФ от 28 июня 1993 г. № 163 (с изменениями и дополнениями). Система ГАРАНТ [Электронный ресурс]: <<http://base.garant.ru/179059/#ixzz2vOwPjn16>>.
4. Советов Б. Я., Цехановский В. В. Информационные технологии: Учебник для вузов. М.: Высш. школа, 2006. 263 с.
5. Двухуровневая модель информационного взаимодействия / Б. Я. Советов, М. О. Колбанёв, Т. М. Татарникова // Материалы VIII Санкт-Петербург. межрегион. конф. „Информационная безопасность регионов России“, 23—25 окт. 2013 г. СПб: СПОИСУ, 2013. С. 184—185.

6. Колбанёв М. О., Татарникова Т. М., Воробьёв А. И. Модель обработки клиентских запросов // Телекоммуникации. 2013. № 9. С. 42—48.
7. Богатырев В. А., Богатырев А. В., Голубев И. Ю., Богатырев С. В. Оптимизация распределения запросов между кластерами отказоустойчивой вычислительной системы // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2013. № 3. С. 77—82.
8. Советов Б. Я., Воробьёв А. И. Применение методов оптимизации в задачах структуризации корпоративного центра обработки данных // Изв. СПбГЭТУ „ЛЭТИ“. 2012. № 8. С. 41—46.
9. Богатырев В. А., Богатырев С. В., Богатырев А. В. Надежность кластерных вычислительных систем с дублированными связями серверов и устройств хранения // Информационные технологии. 2013. № 2. С. 27—32.
10. Татарникова Т. М. Задача синтеза комплексной системы защиты информации в ГИС // Ученые записки РГГМУ. 2013. № 30.
11. Советов Б. Я., Колбанёв М. О., Татарникова Т. М. Технологии инфокоммуникации и их роль в обеспечении информационной безопасности // Геополитика и безопасность. 2014. № 1(25).
12. Богатырев А. В., Богатырев С. В., Богатырев В. А. Функциональная надежность вычислительных систем с перераспределением запросов // Изв. вузов. Приборостроение. 2012. Т. 55, № 10. С. 53—57.
13. Богатырев В. А., Богатырев С. В., Богатырев А. В. Оценка надежности отказоустойчивых кластеров с непосредственным подключением устройств хранения // Изв. вузов. Приборостроение. 2013. Т. 56, № 8. С. 77—81.
14. Левкин И. М. Теория и практика информационно-аналитической работы. Курск: НАУКОМ, 2011.
15. Пуха Г. П. Методология формирования и реализации систем интеллектуальной поддержки принятия решений. СПб: СМИО-Пресс, 2012. 337 с.

#### *Сведения об авторе*

**Игорь Львович Кориунов**

— канд. техн. наук, доцент; Санкт-Петербургский государственный экономический университет, кафедра прикладных информационных технологий; заведующий кафедрой; E-mail: kil53@mail.ru

Рекомендована кафедрой  
прикладных информационных  
технологий

Поступила в редакцию  
28.04.14 г.

УДК 004.031.43

## С. Ю. МИКАДЗЕ, М. О. КОЛБАНЁВ, Т. М. ТАТАРНИКОВА

### МОДЕЛЬ ИНФОРМАЦИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ СЕРВИСА

Предлагается модель информационного взаимодействия для предприятий сервиса, обобщающая процедуры предоставления услуг клиентам и предназначенная для предприятий, применяющих в своей деятельности современные средства информатизации.

**Ключевые слова:** информационное взаимодействие, информационная технология, физическая среда взаимодействия, сервисная деятельность, услуга, качество обслуживания.

**Введение.** Культура сервиса сегодня определяется не только качеством обслуживания с точки зрения этики поведения персонала, но и уровнем технологической организации процесса обслуживания в целом. Особенно это актуально для информационно-коммуникационных услуг, таких как web-доступ, распределенная обработка данных, электронная

коммерция и многих других. Качество предоставления подобных услуг зависит как от содержательной составляющей взаимодействия предприятия сервиса с клиентами, так и от технической реализации этого взаимодействия.

**Обобщенная модель информационного взаимодействия.** В основе процесса предоставления информационно-коммуникационных услуг лежит модель информационного взаимодействия [1], суть которой можно охарактеризовать следующими положениями:

— информационное взаимодействие рассматривается на двух метауровнях: *идеальном*, который является продуктом мышления людей и обеспечивает на передающей стороне (*A*) порождение, а на приемной стороне (*B*) постижение таких идеальных категорий, как смыслы, значения, образы, эмоции, и *материальном*, который поддерживает идеальный метауровень и обеспечивает обмен данными, имеющими физическую форму представления [1—3];

— на метауровнях реализуются информационные процессы: информационные процессы идеального метауровня обеспечивают смысловое взаимодействие людей; информационные процессы материального метауровня представляют собой последовательность операций над данными, если данные представить в виде числовых массивов, то их преобразование можно автоматизировать при помощи вычислительных (компьютерных) систем;

— выполнение комплекса операций на материальном метауровне предполагает не только перемещение определенных объемов данных между взаимодействующими сторонами, но и выполнение требований к качеству доставки, которые формулируются на идеальном метауровне и характеризуются такими параметрами, как дальность, время или достоверность доставки [4—6];

— информационное взаимодействие на обоих метауровнях поддерживается физической средой;

— среда взаимодействия обеспечивает распространение сигнала (свойство канала связи), сохранение сигнала (свойство памяти) и изменение формы представления сигнала (свойство обработчика данных); с помощью управления можно регулировать количественные и качественные проявления этих свойств в зависимости от способа реализации информационного взаимодействия [7—9].

Обобщенная модель процесса информационного взаимодействия приведена на рис. 1.

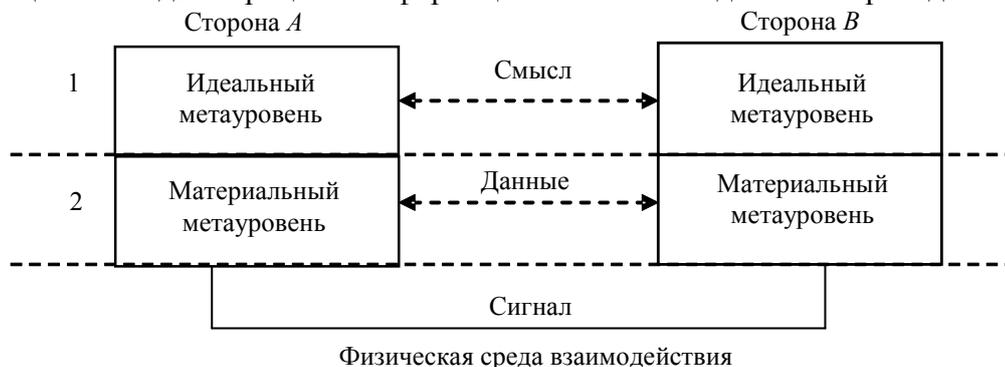


Рис. 1

**Модель информационного взаимодействия в сервисной деятельности.** С учетом ряда допущений двухуровневое представление информационного взаимодействия можно рассматривать как информационную модель сервисной деятельности или ее отдельные этапы. В частности, к таким допущениям могут быть отнесены следующие:

— информационное взаимодействие имеет форму общения между людьми (субъектами);

— один из субъектов информационного взаимодействия рассматривается как клиент и вступает во взаимодействие в целях получения услуги с другим субъектом, который является оператором соответствующих услуг [6, 10, 11];

— услуга может быть описана как информационный процесс, который не имеет материальной природы, но приносит клиенту некоторую пользу в ходе реализации;

— реализация услуги требует определенных интеллектуальных, информационных и физических ресурсов [12].

Таким образом, с учетом приведенных допущений информационная модель сервисной деятельности примет вид, представленный на рис. 2.

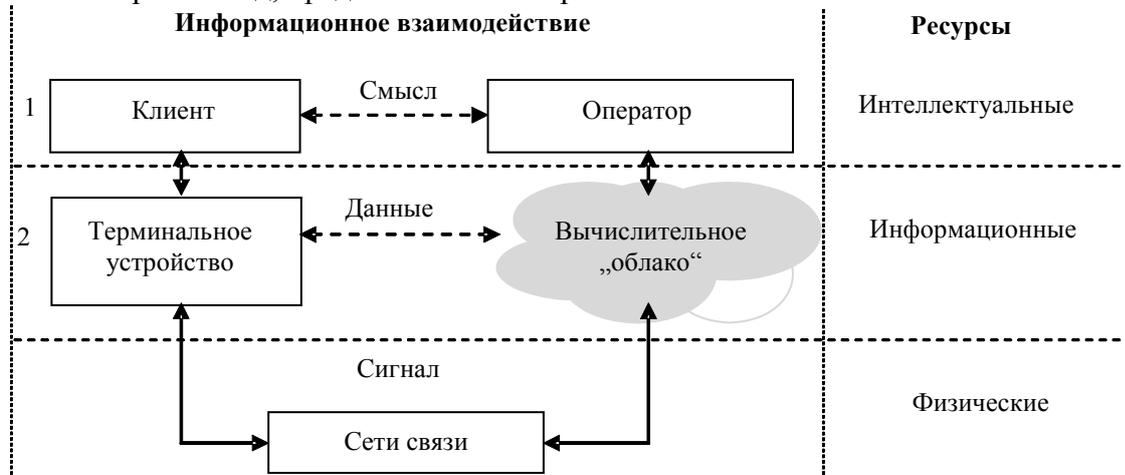


Рис. 2

В предлагаемой модели идеальный метауровень отображает информационные процессы, обеспечивающие сервисную деятельность компании. На этом метауровне осуществляется смысловое взаимодействие компании с клиентами, формируются коммерческие предложения, создаются описания продукции и услуг, обобщаются требования клиентов к качеству обслуживания и т.п. Основные ресурсы данного метауровня — интеллектуальные — это специалисты, уровень квалификации которых позволяет компании быть конкурентоспособной на рынке услуг. Материальный метауровень отображает информационные процессы обмена данными. На этом метауровне выбираются технологии обмена данными, которые со стороны клиента реализуются с помощью терминальных устройств, например мобильного телефона, компьютера, планшета и т.д., а со стороны оператора реализуются „облачными“ технологиями. Основой построения „облака“ являются центры обработки данных, аккумулирующие информационные ресурсы, на базе которых осуществляется обслуживание клиентов [10, 12, 13].

Физическая среда взаимодействия обеспечивает предоставление транспорта для доставки услуг и характеризуется количественной мерой необходимых для этого процесса физических ресурсов. Количественную меру можно задать тремя типами физических ресурсов: пространственных, временных и энергетических. Пространственные ресурсы — это геометрическая мера, определяющая координаты и взаимное расположение в пространстве клиента и оператора. Временные ресурсы — это мера для оценки вероятностно-временных характеристик процесса предоставления услуги [14]. Энергетические ресурсы — это мера для оценки усилий, которые необходимо совершить в процессе предоставления услуги. Объемы физических ресурсов зависят от вида информационного процесса и используемой информационной технологии.

**Качество обслуживания.** При предоставлении услуг особую актуальность приобретают проблемы обеспечения качества обслуживания (Quality of Service — QoS). Показатели QoS характеризуют техническую сторону информационного взаимодействия и выступают как критерии оптимальности при выборе способов предоставления сервисов в условиях ограниченности информационных и физических ресурсов.

Качество обслуживания рассматривается с двух позиций — с точки зрения потребителя услуги (клиента) и с точки зрения поставщика услуг (оператора). Для клиента качество обслуживания — это некоторые желательные условия, обеспечивающие получение услуги, для оператора качество обслуживания — это фактические характеристики вычислительного „облака“ и физической среды взаимодействия [15—17].

Естественной основой нормального сотрудничества клиента и оператора является договор, который называется „соглашение об уровне обслуживания“ (Service Level Agreement — SLA). В этом соглашении должны быть регламентированы следующие действия:

- какие показатели качества и на каком уровне обещает обеспечивать оператор;
- каким образом оператор будет выполнять свои обещания;
- каким образом будет измеряться качество предоставляемых услуг;
- что произойдет, если оператор не сможет обеспечить обещанное качество;
- как условия SLA будут изменяться с течением времени.

Таким образом, задача для оператора сводится к обеспечению экономии физических  $P$  и доступности информационных  $I$  ресурсов для эффективного предоставления услуги клиенту:

$$0 < g_i(P, I) \leq g_i^d, \quad g_i \in \mathbf{G}; \quad (1)$$

$$\varphi \rightarrow \min(P, I), \quad (2)$$

где  $\varphi$  — функция стоимости предоставления услуги, включающая стоимость затраченных ресурсов;  $\mathbf{G}$  — вектор показателей качества процесса предоставления услуги;  $g_i^d$  — допустимое значение показателя  $g_i$ , определенное в соглашении об уровне обслуживания.

Сформулированная задача решается в два этапа: на первом — с использованием соответствующих моделей определяются показатели качества, на втором — решается задача, определяемая выражениями (1), (2).

**Заключение.** Современные информационно-коммуникационные услуги охватывают почти все виды жизнедеятельности человека: быт, работу, развлечения, медицину, образование, торговлю и т.д. Основным направлением в развитии информационного сервиса остается расширение перечня услуг и повышение их качества.

Так в настоящее время в большинстве случаев для получения услуги необходимо пройти процедуру регистрации в сети Интернет, то все услуги имеют информационно-коммуникационный аспект, что обуславливает актуальность вопроса определения потребности в информационных и физических ресурсах для обеспечения требуемого качества обслуживания клиентов.

Предложенная в статье модель обобщает известные процедуры предоставления услуг клиентам и может быть использована предприятиями сервиса, применяющими в своей деятельности современные средства информатизации.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Двухуровневая модель информационного взаимодействия / Б. Я., Советов, М. О. Колбанёв, Т. М. Татарникова // Материалы VIII Санкт-Петербург. межрегион. конф. „Информационная безопасность регионов России“, 23—25 окт. 2013 г. СПб: СПОИСУ, 2013. С. 184—185.
2. Советов Б. Я., Колбанёв М. О., Татарникова Т. М. Технологии инфокоммуникации и их роль в обеспечении информационной безопасности // Геополитика и безопасность. 2014. № 1(25). С. 69—77.
3. Левкин И. М. Теория и практика информационно-аналитической работы. Курск: НАУКОМ, 2011.
4. Татарникова Т. М. Оценка вероятностно-временных характеристик сетей хранения данных SAN // Программные продукты и системы. 2009. № 4. С. 177—179.
5. Tatarnikova T., Kolbanev M. Statement of a task corporate information networks interface centers structural synthesis // IEEE EUROCON-2009. St. Petersburg, 2009. С. 1883—1887.
6. Советов Б. Я., Колбанёв М. О., Татарникова Т. М. Оценка вероятности эрланговского старения информации // Информационно-управляющие системы. 2013. № 6. С. 25—28.
7. Колбанёв М. О., Татарникова Т. М., Воробьёв А. И. Модель обработки клиентских запросов // Телекоммуникации. 2013. № 9. С. 42—48.

8. Миронов В. В., Головкин Ю. Б., Юсупова Н. И. Об автоматной модели динамической ситуации // Управление сложными техническими системами: Межвуз. науч. сб. Уфа: УАИ, 1986. № 9. С. 3—10.
9. Татарникова Т. М. Подход к расчету основных характеристик коммутатора корпоративных сетей // Междунар. конф. по информационным сетям и системам — ISINAS-2000, 2—7 окт.: Тр. ЛОНИИС. СПб: СПбГУТ, 2000. С. 470—481.
10. Кутузов О. И., Сергеев В. Г., Татарникова Т. М. Коммутаторы в корпоративных сетях. Моделирование и расчет. СПб: Судостроение, 2003.
11. Колбанёв М. О., Татарникова Т. М., Малков К. О. Подход к организации адаптивного согласующего центра // Информационно-управляющие системы. 2008. № 3. С. 28—31.
12. Колбанёв М. О., Татарникова Т. М., Воробьёв А. И. Модель балансировки нагрузки в вычислительном кластере центра обработки данных // Информационно-управляющие системы. 2012. № 3. С. 37—41.
13. Татарникова Т. М., Колбанёв М. О. Анализ проблемы согласования неоднородных сетей // Тр. учебных заведений связи. 2006. № 175. С. 57—66.
14. Кутузов О. И., Татарникова Т. М. Математические схемы и алгоритмы моделирования инфокоммуникационных систем. СПб: ГУАП, 2013.
15. Богатырев В. А. К оценке эффективности динамического распределения запросов в отказоустойчивых управляющих вычислительных системах // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2002. № 9. С. 10—12.
16. Богатырев В. А., Богатырев С. В. К анализу и оптимизации серверных систем кластерной архитектуры с балансировкой нагрузки // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2010. № 2. С. 4—9.
17. Татарникова Т. М., Кутузов О. И. Подход к оптимизации структуры межсетевое устройства с привлечением генетических алгоритмов // Информатика, управление и компьютерные технологии: Изв. СПбГЭТУ „ЛЭТИ“. 2006. № 1. С. 61—67.

#### **Сведения об авторах**

**Сергей Юрьевич Микадзе**

— канд. экон. наук, доцент; Санкт-Петербургский государственный экономический университет, кафедра прикладных информационных технологий; E-mail: mik@finec.ru

**Михаил Олегович Колбанёв**

— д-р техн. наук, профессор; Санкт-Петербургский государственный экономический университет, кафедра прикладных информационных технологий; E-mail: mokolbanev@mail.ru

**Татьяна Михайловна Татарникова**

— д-р техн. наук, профессор; Санкт-Петербургский государственный экономический университет, кафедра прикладных информационных технологий; E-mail: tm-tatarn@yandex.ru

Рекомендована кафедрой  
прикладных информационных  
технологий

Поступила в редакцию  
28.04.14 г.

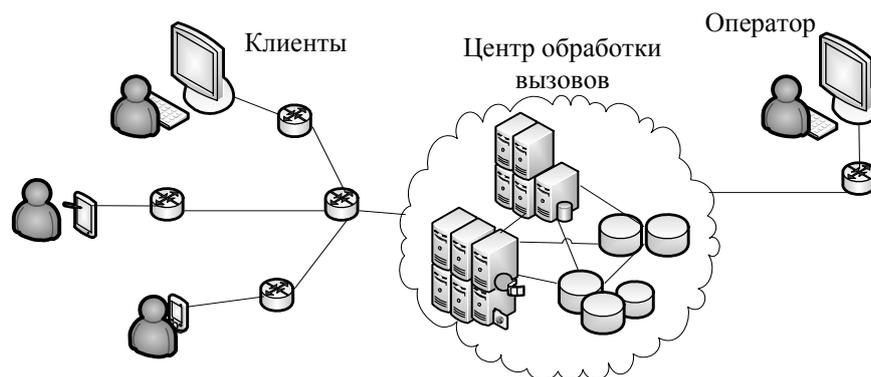
А. И. ВОРОБЬЁВ, М. О. КОЛБАНЁВ, Т. М. ТАТАРНИКОВА

## ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОСТНО-ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЦЕССА ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-СПРАВОЧНЫХ УСЛУГ

Предлагаются методы определения количества операторов центра обработки вызовов с учетом вероятностно-временных характеристик процесса предоставления информационно-справочных услуг.

**Ключевые слова:** сервисная деятельность, услуга, клиент, качество обслуживания, центр обработки вызовов, вероятность своевременного предоставления услуги.

Любую деятельность человека сопровождает информационное взаимодействие [1, 2]. Если рассматривать одного из субъектов информационного взаимодействия как клиента, получающего услугу, а другого — как оператора, предоставляющего услугу, то модель информационного взаимодействия, предложенная в работе [1], может быть представлена в виде схемы, приведенной на рисунке.



Существуют услуги, требующие личного контакта клиента и оператора и не требующие такового. Тем не менее, даже если речь идет о первом варианте, то отдельные этапы процесса предоставления услуги могут выполняться дистанционно с помощью информационно-коммуникационных сетей и систем [3]. Именно поэтому для организации сервисной деятельности на техническом уровне все чаще создаются центры обработки вызовов (ЦОВ), являющиеся неотъемлемой частью любого бизнеса, имеющего активный контакт с клиентами. Примером могут служить предприятия, оказывающие банковские, информационно-коммуникационные или страховые услуги [4—8].

Технология, используемая данными центрами, является типичной информационной технологией сервисной деятельности наряду с системами бронирования, биллингом и рядом других [9—11].

Основная задача такой информационной службы — это оперативное предоставление клиентам информации, вне зависимости от их местонахождения [4, 12—15]. С технологической точки зрения, создание ЦОВ базируется на одном из двух принципов:

— использование услуги FREEPHONE интеллектуальной сети с единым федеральным номером 800-й серии, связывающей территориально-распределенных клиентов с мощной центральной телефонной станцией, которая оптимальным образом распределяет поступающие вызовы между операторами [16];

— использование технологий сети Интернет для создания территориально-распределенных ЦОВ, что позволяет упростить задачи масштабирования центра, изменения его функциональности и уменьшения затрат на поддержку голосового трафика.

Использование Интернет-технологий [5], кроме того, позволяет выбирать место расположения ЦОВ независимо от местонахождения предприятия сервиса и центров телефонной сети, использовать преимущества объединения трех типов трафика — телефонного, данных и видеоинформации — в одной сети, сократить время внедрения новых приложений и услуг и др.

При создании ЦОВ возможны и комбинированные решения, использующие преимущества как телефонной сети, так и сети Интернет. Однако во всех случаях главным звеном центра обработки вызовов остаются операторы, т.е. люди, способные реализовать такие алгоритмы информационного взаимодействия, которые не могут быть реализованы в автоматическом режиме. Только человек, владеющий современными информационно-коммуникационными технологиями, способен обеспечить дистанционное информационное взаимодействие с клиентом и на идеальном (смысловом), и на материальном метауровнях. Не удивительно поэтому, что 60—80 % материальных затрат ЦОВ приходится на обучение и содержание персонала.

Качество обслуживания клиентов зависит от количества операторов, задействованных при функционировании ЦОВ. Качество обслуживания оценивается вероятностью того, что ответ на произвольный вызов будет получен в течение заданного (допустимого) времени [7, 9]. Эту характеристику называют также вероятностью своевременного предоставления информационной услуги. В общем случае эта вероятность определяется выражением

$$P_{\text{усл}} = \int_0^{\infty} \varphi_{\text{д}}(x) dT(x), \quad (1)$$

где  $T(x)$  — функция распределения (ФР) времени ожидания начала обслуживания,  $\varphi_{\text{д}}(x)$  — функция распределения допустимого времени ожидания.

Среди множества проблем, связанных с организацией работы операторов ЦОВ, остановимся на двух. Первая связана с определением количества операторов, которые должны принимать вызовы клиентов в каждый момент работы центра, вторая — с определением общего минимального количества операторов, которые должны быть задействованы в течение суток с учетом ограниченного рабочего времени (рабочей смены) одного оператора и неравномерного распределения вызовов по часам.

Первая проблема может быть решена методами теории массового обслуживания исходя из заданной величины вероятности  $P_{\text{усл}}$ . В работе [10] приведен обзор различных моделей, используемых для этих целей, и предлагается использовать модель ЦОВ, построенную при следующих предположениях:

- входной поток запросов является марковским (МАР-поток);
- обслуживание вызовов осуществляется конечным числом  $N$  операторов, причем распределение времени обслуживания является фазовым, что позволяет с любой точностью аппроксимировать произвольное распределение;
- в случае занятости всех операторов в момент поступления вызова клиенту сообщается его номер в очереди, ориентировочное время ожидания и, таким образом, „предлагается“ принять решение, ожидать или не ожидать обслуживания; буфер имеет конечный размер; также когда терпение клиента иссякло, он может покинуть систему.

В работе [10] для системы МАР получено преобразование Лапласа — Стилтеса (ПЛС) времени ожидания клиентом начала обслуживания. Результаты исследования функции распределения времени „терпеливости“ абонентов телефонных сетей приведены в работе [16].

При нормировании вероятности  $P_{\text{усл}}$  ограничением на время предоставления услуги функцию  $\varphi_{\text{д}}(x)$  можно представить в виде обобщенного распределения Эрланга [17], т.е.

$$\varphi(x) = 1 - \sum_{r=1}^n \eta_r e^{-k_r \gamma_r x} \sum_{i=0}^{k_r-1} \frac{(k_r \gamma_r x)^i}{i!}; \quad \sum_{r=1}^n \eta_r = 1; \quad \frac{1}{\gamma} = \sum_{r=1}^n \eta_r / \gamma_r, \quad (2)$$

где  $1/\gamma$  – среднее допустимое время ожидания предоставления услуги.

Путем соответствующего выбора значений параметров  $n$ ,  $\eta_r$ ,  $k_r$  и  $\gamma_r$  функцией (2) можно достаточно точно аппроксимировать любую реальную ФР допустимого времени ожидания начала обслуживания. Так, например, при  $n = 1$  и  $k_r \rightarrow \infty$  функция (2) стремится к постоянному ограничению, а при  $n = 1$  и  $k_r = 1$  является экспоненциальным распределением.

Подставив выражение (2) в формулу (1), после ряда преобразований получим

$$P_{\text{усл}} = 1 - \sum_{r=1}^n \eta_r \sum_{i=0}^{k_r-1} (-1)^i \frac{s_0^i}{i!} t^{(i)}(s_0), \quad (3)$$

где  $s_0 = k_r \gamma_r$ ;  $t^{(i)}(s_0)$  —  $i$ -я производная ПЛС функции распределения времени ожидания начала обслуживания в точке  $s_0$ .

С учетом полученного результата, позволяющего при известном ПЛС ФР времени ожидания начала обслуживания определить минимальное количество операторов, при котором вероятность  $P_{\text{усл}}$  удовлетворяет заданным требованиям, общее минимальное количество операторов для обслуживания вызовов в течение суток ( $F_c$ ) определим следующим образом.

Пусть  $K$  — количество временных интервалов в пределах суток, каждый из которых характеризуется интенсивностью поступления вызовов от клиентов ЦОВ;  $L_g$  — минимальное количество операторов, которые должны обслуживать поступающие вызовы в течение временного интервала  $g = \overline{1, K}$  для обеспечения заданного качества обслуживания;  $X_g$  — количество операторов, которые приступают к работе в начале  $g$ -го интервала;  $q$  — количество интервалов, составляющих продолжительность рабочего дня одного оператора. Тогда целевая функция имеет следующий вид:

$$F_c = \sum_{g=1}^K X_g \rightarrow \min.$$

Очевидно, что при равных временных интервалах, соответствующих колебаниям поступающего трафика, для поддержания требуемого качества обслуживания должны выполняться следующие ограничения:

$$\sum_{j=g-q}^g X_j \geq L_g, \quad g = \overline{1, K}. \quad (4)$$

При вычислениях по формуле (4) необходимо учитывать, что операторы, работающие в ночные часы, могут начинать смену в предыдущие сутки.

Решение рассмотренной задачи линейного программирования дает оценку снизу для количества операторов центра обработки вызовов. Очевидно, что полученная модель может быть уточнена с учетом разной производительности и оплаты труда работников, многоуровневой системы обслуживания (например, оператор — супервайзер — менеджер), требований КЗОТ, коллективного договора с администрацией и других факторов, влияющих на условия труда персонала.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Советов Б. Я., Колбанёв М. О., Татарникова Т. М. Двухуровневая модель информационного взаимодействия // Материалы VIII Санкт-Петербург. межрегион. конф. „Информационная безопасность регионов России“, 23—25 окт. 2013 г. СПб: СПОИСУ, 2013. С. 184—185.
2. Советов Б. Я., Колбанёв М. О., Татарникова Т. М. Технологии инфокоммуникации и их роль в обеспечении информационной безопасности // Геополитика и безопасность. 2014. № 1(25). С. 69—77.

3. Кожанов Ю. Ф., Колбанев М. О. Технология инфокоммуникации. Курск: НАУКОМ, 2011.
4. Левкин И. М. Комплексная обработка информации. СПб: ВКА им. А.Ф. Можайского, 2011.
5. The Modern Call Centers: A Multi-Disciplinary Perspective on Operations Management Research / O. Z. Akşin, M. Armony, V. Mehrotra // Working Paper, Koç University, Istanbul, Turkey, 2007.
6. Tatarnikova T., Kolbanev M. Statement of a task corporate information networks interface centers structural synthesis // IEEE EUROCON-2009. St. Petersburg, 2009. С. 1883—1887.
7. Колбанев М. О., Татарникова Т. М., Воробьев А. И. Модель обработки клиентских запросов // Телекоммуникации. 2013. № 9. С. 42—48.
8. Кожанов Ю. Ф., Колбанев М. О. Интерфейсы и протоколы следующего поколения. СПб: СПбГУАП, 2010.
9. Богатырев В. А., Голубев И. Ю. Оптимальная диспетчеризация в распределенных вычислительных системах с объединением узлов в кластеры // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2013. № 8 (110). С. 36—40.
10. Дудин С. А., Дудина О. С. Модель функционирования колл-центра как система MAP/PN/N/R—N с нетерпеливыми запросами // Проблемы передачи информации. 2011. № 47:4. С. 68—83.
11. Татарникова Т. М. К расчету основных характеристик шлюза распределенных сетей // Тр. учебных заведений связи. 2000. № 166. С. 62—68.
12. Виссарионов В. С., Газетдинова С. Г., Головкин Ю. Б., Ярцев Р. А. Об алгоритме контроля простого элементарного процесса / Деп. в ВИНТИ. 24.05.06, № 703-В2006.
13. Колбанев М. О., Татарникова Т. М. Анализ проблемы согласования неоднородных сетей // Тр. учебных заведений связи. 2006. № 175. С. 57—66.
14. Богатырев В. А. К оценке эффективности динамического распределения запросов в отказоустойчивых управляющих вычислительных системах // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2002. № 9. С. 10—12.
15. Воробьев А. И., Татарникова Т. М., Применение генетического алгоритма для решения задачи обеспечения отказоустойчивости вычислительного кластера // Межвуз. сб. науч. тр.: Управление, экономика, транспорт, право. 2011. № 1(9). С. 3—9.
16. Колбанев М. О., Яковлев С. А. Модели и методы оценки характеристик обработки информации в интеллектуальных сетях связи. СПб: СПбГУ, 2002.
17. Советов Б. Я., Колбанев М. О., Татарникова Т. М. Оценка вероятности эрланговского старения информации // Информационно-управляющие системы. 2013. № 6. С. 25—28.

#### **Сведения об авторах**

**Андрей Игоревич Воробьев**

— канд. техн. наук; Санкт-Петербургский государственный экономический университет, кафедра прикладных информационных технологий; E-mail: vorobiov\_a@inbox.ru

**Михаил Олегович Колбанев**

— д-р техн. наук, профессор; Санкт-Петербургский государственный экономический университет, кафедра прикладных информационных технологий; E-mail: mokolbanev@mail.ru

**Татьяна Михайловна Татарникова**

— д-р техн. наук, профессор; Санкт-Петербургский государственный экономический университет, кафедра прикладных информационных технологий; E-mail: tm-tatarn@yandex.ru

Рекомендована кафедрой  
прикладных информационных  
технологий

Поступила в редакцию  
28.04.14 г.

Е. В. ПОПОВА

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ С УЧЕТОМ КРИТЕРИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Рассматриваются вопросы эффективности системы защиты информации. Предложен метод расчета экономической эффективности при выборе системы защиты по критерию повышения конкурентоспособности предприятия. Определена эластичность коэффициента изменения конкурентоспособности в зависимости от затрат.

*Ключевые слова:* конкурентоспособность, система защиты информации, информационная безопасность.

**Введение.** Проблемы информационной безопасности (ИБ) предприятий приобретают в настоящее время особую актуальность в связи с нарастающими потоками информации, наличием безбарьерного Интернет-пространства и агрессивными высокотехнологичными действиями нарушителей ИБ. Эффективность системы защиты информации (СЗИ) является основной проблемой при повышении ИБ предприятия. Наличие нескольких разработанных для конкретного предприятия комплексных систем защиты ставит проблему выбора наиболее эффективного варианта на первое место. Тенденция последних лет по сокращению издержек предприятия обязывает обоснованно подходить к выделению денежных средств на различные проекты и оперировать затратами на информационную безопасность, подтвержденными количественными оценками.

**Методы расчета эффективности СЗИ.** Под эффективностью системы защиты информации понимается степень соответствия результатов защиты поставленной цели. Методики расчета этого показателя различны. Например, для ранжирования нескольких комплексных СЗИ, спроектированных для данного предприятия, и выбора самой эффективной системы можно использовать экспертные оценки. Трудности возникают при оценке системы по многим критериям. При оценивании экспертами объекта по определенному критерию расхождений в оценках намного меньше, чем при оценивании объекта по всем критериям. Разброс оценок многократно возрастает. При этом ранжирование объектов по каждому критерию не совпадает.

По другой методике эффективной считается система, успешно прошедшая сертификацию: т.е. для выбранных целей определяется набор требований по безопасности в соответствии с нормативными документами Гостехкомиссии РФ [1, 2], что позволяет обеспечить реализацию этих целей. Посредством сертификации выбранная система проверяется на соответствие требованиям государственных стандартов, однако проверка соответствия проводится с определенной степенью достоверности. Амплитуда варьирования степени достоверности не зафиксирована ни в одном документе, поэтому успешно пройденная сертификация не обязательно означает высокую эффективность работы СЗИ.

Еще один способ определения эффективности системы защиты базируется на использовании метода моделирования. Устанавливаются определенные соответствия, связывающие характеристики специфических СЗИ, построенных для конкретного предприятия, и математические объекты. Найденное допустимое оптимальное решение и будет соответствовать наиболее эффективному варианту СЗИ.

В риск-ориентированных моделях субъективная экспертная оценка рисков сопоставляется с объективными затратами на реализацию механизмов защиты. Оптимальным считается

решение, которое в определенных ситуациях наилучшим образом будет удовлетворять условиям задачи моделирования. Например, эффективной считается СЗИ, снижающая риск до оптимального, при котором потенциальный ущерб от угрозы становится приемлемым для владельца предприятия. Но возникающая неопределенность стохастического характера в реальных системах, наличие зависимых переменных, подверженных случайному разбросу, дефицит числовой информации, определение оптимизационных значений по нескольким критериям лучше отражаются стохастическими моделями неопределенности задания сводного показателя.

**Эффективность СЗИ, выбранной по критерию обеспечения конкурентоспособности предприятия.** В однокритериальных задачах аппарат исследования операций хорошо разработан. При многокритериальном варианте, который полнее отражает реальные свойства исследуемых объектов, часто прибегают к субъективному выбору доминирующего критерия и фиксации остальных критериев в качестве ограничений. Один из способов решения этой проблемы — свертывание всех критериев в один и переход от векторной задачи к скалярной. В работе [3] была предложена процедура выбора варианта системы защиты информации по критерию обеспечения конкурентоспособности предприятия.

Пусть  $\mathbf{x} = (x_1, \dots, x_m)$  — вектор исходных числовых характеристик исследуемой системы. Условный эффект при изменении уровня ИБ

$$\mathcal{E}_{\text{ИБ}} = Y_{\text{до}} - Y_{\text{после}} = Y_{\text{до}} (1 - \rho(\mathbf{x})),$$

где  $Y_{\text{до}}$  и  $Y_{\text{после}}$  — величина ущерба в денежном выражении до и после внедрения СЗИ;  $\rho(\mathbf{x})$  — коэффициент изменения конкурентоспособности предприятия.

Для увеличения условного эффекта нужно выбрать минимальное значение коэффициента изменения конкурентоспособности, для чего необходимо решить следующую оптимизационную задачу:

$$\rho(\mathbf{x}_{\text{опт}}) = \min(\rho(\mathbf{x})), \quad \rho \in [1, 0], \quad \mathbf{x}_{\text{опт}} \in X_{\text{д}} \quad \text{при ограничении } Z(\rho) \leq Z_{\text{д}}, \quad (1)$$

где  $\mathbf{x}_{\text{опт}}$  — оптимальное значение вектора;  $X_{\text{д}}$  — множество допустимых значений вектора числовых характеристик;  $Z_{\text{д}}$  — затраты, допустимые для предприятия.

Иными словами, необходимо выбрать наилучшее решение по построению СЗИ, характеристики которой обеспечат минимальное значение  $\rho(\mathbf{x})$  при усилении информационной безопасности с учетом допустимых затрат.

При решении этой задачи использовался модифицированный метод рандомизированных сводных показателей [4], при котором сравнение первоначальных объектов сводится к сравнению рандомизированного сводного показателя и его стохастических оценок. Полученное теоретическое значение коэффициента  $\rho(\mathbf{x})$  при подстановке его в количественную формулу конкурентоспособности предприятия [5] позволяет обеспечить уровень конкурентоспособности и выбрать вариант построения СЗИ, при котором достигается максимальная степень соответствия результатов защиты информации поставленной цели.

**Метод расчета экономической эффективности.** Не менее значимым как для разработчиков СЗИ, так и для руководства предприятия является расчет экономической эффективности исследуемого проекта. Если рассматривать вложения в информационную безопасность как затраты, то необходимо их минимизировать. Но тогда, достигая краткосрочного эффекта освобождения средств, можно стратегически ослабить положение предприятия, не достигнув поставленных целей при построении СЗИ, снизив ИБ и конкурентоспособность предприятия. Рассматривая вложения в ИБ как инвестиции, руководители предприятия рассчитывают на получение результатов от внедрения СЗИ; т.е. экономическая эффективность системы  $\mathcal{E}_{\text{СЗИ}}$  зависит от результатов и затрат, сбалансированных в приемлемой пропорции:

$$\mathcal{E}_{\text{СЗИ}} = \frac{\text{результаты} - \text{затраты}}{\text{затраты}}, \quad (2)$$

при этом затраты не должны превышать допустимые  $Z_{\text{д}}$ .

Основным результатом при создании СЗИ является уменьшение ущерба в денежном выражении при реализации угроз ИБ. Поэтому в качестве результатов реализации конкретной СЗИ при использовании критерия обеспечения конкурентоспособности предприятия следует принять максимальное значение условного эффекта  $\mathcal{E}_{\text{ИБ}}$ , получаемого при решении оптимизационной задачи (1). Тогда

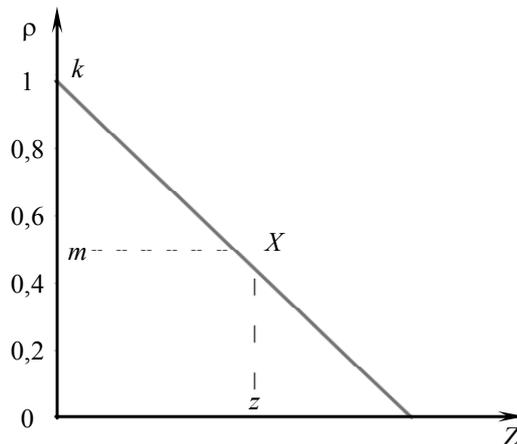
$$\mathcal{E}_{\text{СЗИ}} = \frac{\mathcal{E}_{\text{ИБ}} - Z}{Z}, \quad (3)$$

где  $Z$  — затраты на создание СЗИ; если  $\mathcal{E}_{\text{СЗИ}} \geq 0$ , то данная реализация системы считается эффективной по отношению к отдаче от вложенных средств.

**Мера чувствительности коэффициента  $\rho$  к изменению затрат.** Так как  $\rho$  — есть функция характеристик СЗИ, зависящих от затрат на ее создание, то коэффициент изменения конкурентоспособности является зависимой переменной от затрат. Рассмотрим эластичность коэффициента  $\rho$ , т.е. степень влияния аргумента на функцию. Для этого произведем расчет коэффициента эластичности  $K_{\text{эл}}$  (coefficient of elasticity) — безразмерной величины, которая показывает, на сколько процентов изменится коэффициент  $\rho$  при изменении затрат на 1 %:

$$K_{\text{эл}} = \left| \frac{\Delta \rho}{\rho} \frac{Z}{\Delta Z} \right|. \quad (4)$$

При  $K_{\text{эл}} < 1$  темп изменения затрат превышает темп изменения коэффициента конкурентоспособности, т.е. реакция на изменения слабая; при  $K_{\text{эл}} > 1$  процентное изменение  $\rho$  опережает процентное изменение затрат. Наиболее благоприятное воздействие аргумента при  $K_{\text{эл}} = 1$  — коэффициент изменения конкурентоспособности изменяется пропорционально затратам. Так как экономическая эффективность обеспечивается при  $\mathcal{E}_{\text{ИБ}} - Z \geq 0$ , то при прямой пропорциональной зависимости  $\rho = 1 - \frac{Z}{y_{\text{до}}}$  (см. рисунок).



Эластичность коэффициента  $\rho$  в точке  $X$  равна отношению  $\frac{|km|}{|m0|}$  (где  $m$  — ордината точки  $X$ ,  $k$  — точка пересечения графика с осью ординат, совпадающая с единицей), т.е.  $K_{\text{эл}} = \frac{|km|}{|m0|} = 1$  при  $m=0,5$ . Таким образом, при единичной эластичности коэффициент изменения конкурентоспособности  $\rho = 0,5$ . Полученное значение коэффициента  $\rho$  сопоставимо

с результатами, описанными в работе [3]. В случае криволинейной зависимости определяют отношение отрезков, образованных пересечением касательной к графику с осями координат, и координат данной точки.

**Заключение.** Приведен сравнительный анализ методики выбора эффективного варианта системы защиты информации по критерию обеспечения конкурентоспособности предприятия и других методик выбора эффективного варианта СЗИ. Предложена методика расчета экономической эффективности системы.

Для апробации модели влияния информационной безопасности на изменение конкурентоспособности предприятия в компании ООО „Балтрос-Сервис“ (Санкт-Петербург) был проведен эксперимент по реализации оптимального варианта СЗИ. Полученные теоретические и реальные значения  $\rho$  близки к значению коэффициента изменения конкурентоспособности при единичной эластичности.

Следует отметить также, что перспективным направлением развития в данной области представляется исследование влияния надежности и отказоустойчивости [6—8] информационно-коммуникационных составляющих системы на ее безопасность и, следовательно, на конкурентоспособность предприятия.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Standard: ISO/IEC 27001 - Titles: The Information Security Standard. Renamed in 2007 [Электронный ресурс]: <<http://www.itgovernance.co.uk/iso27001.aspx>>.
2. ГОСТ Р ИСО / МЭК 15408-2-2002. Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Критерии оценки безопасности информационных технологий. Часть 2. Функциональные требования безопасности. М.: Госстандарт России, 2002. 158 с.
3. Попова Е. В. Выбор варианта системы защиты информации по критерию обеспечения конкурентоспособности предприятия // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2014. № 2 (90). С. 155—160.
4. Попова Е. В. Многокритериальный оптимизационный выбор системы защиты информации (СЗИ) для малых предприятий // Материалы VIII Санкт-Петербург. межрегион. конф. „Информационная безопасность регионов России“, 23—25 окт. 2013 г. СПб: СПОЙСУ, 2013. С. 191—192.
5. Попова Е. В. Расчет конкурентоспособности малых предприятий сферы сервиса при усилении информационной безопасности // Вестн. Российской академии естественных наук. 2012. № 16(3). С. 48—51.
6. Богатырев В. А., Богатырев С. В., Богатырев А. В. Оптимизация древовидной сети с резервированием коммутационных узлов и связей // Телекоммуникации. 2013. № 2. С. 42—48.
7. Богатырев В. А., Богатырев С. В., Богатырев А. В. Надежность кластерных вычислительных систем с дублированными связями серверов и устройств хранения // Информационные технологии. 2013. № 2. С. 27—32.
8. Богатырев В. А., Богатырев С. В., Богатырев А. В. Функциональная надежность вычислительных систем с перераспределением запросов // Изв. вузов. Приборостроение. 2012. Т. 55. № 10. С. 53—57.

#### Сведения об авторе

Елена Владимировна Попова

— Санкт-Петербургский государственный экономический университет, кафедра прикладных информационных технологий; ассистент; E-mail: serana5@inbox.ru

Рекомендована кафедрой  
прикладных информационных  
технологий

Поступила в редакцию  
28.04.14 г.

И. М. ЛЕВКИН

## МОДЕЛЬ ОБРАБОТКИ ДОКУМЕНТАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ ИНФОРМАЦИИ ДЕЛОВОЙ РАЗВЕДКИ

Предлагается модель обработки текстовых документов, позволяющая определить вероятность решения информационной задачи в информационных контурах ситуационных центров деловой разведки при ограничениях по времени, а также требуемый состав средств обработки.

**Ключевые слова:** деловая разведка, информационный документ, элементарный фрагмент информации, эффективность обработки информации, входной поток информационных документов.

Важнейшей особенностью деловой разведки является необходимость решения ряда информационных задач в условиях ограничения по времени. Сложность решения этих задач связана, во-первых, с необходимостью обработки большого числа источников информации в целях выявления информационных признаков, относящихся к конкретной задаче, и, во-вторых, с ограниченными возможностями сотрудников информационно-аналитической структуры деловой разведки по семантической обработке источников информации [1, 2].

В связи с этим возникает необходимость оценки вероятности решения соответствующей информационной задачи в зависимости от интенсивности входного информационного потока, состава информационного контура (числа автоматизированных рабочих мест) и требований по времени решения задачи.

В основу формирования этой оценки может быть положена операционно-временная модель процесса обработки текстовых отчетно-информационных документов.

Последовательность агрегированных действий при обработке документальных источников информации представлена на рис. 1. При этом учитывается, что информационный документ состоит их элементарных фрагментов информации (ЭФИ), каждый из которых представляет собой законченную совокупность предложений, характеризующую некую сущность — служебную информацию (название, выходные данные и т.п.), описание информационного признака, поясняющие фрагменты и т.п. [1].

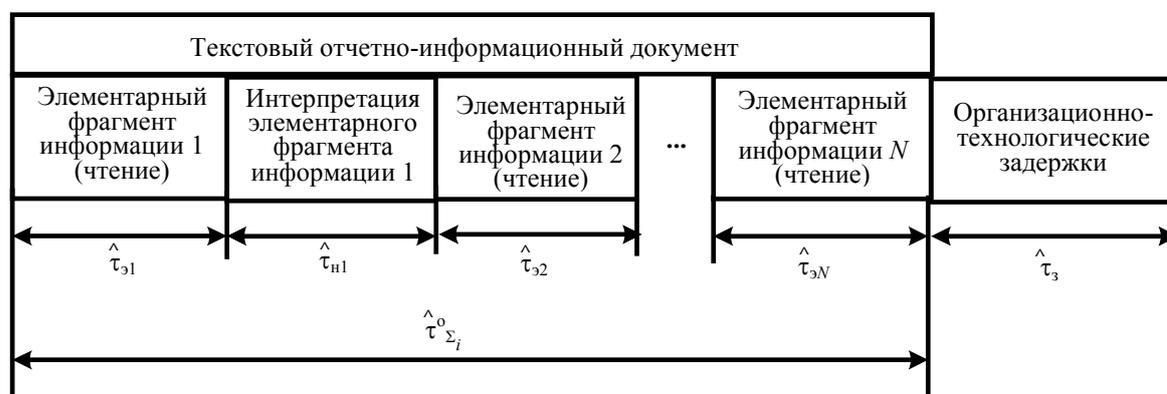


Рис. 1

Объем каждого текстового отчетно-информационного документа (число ЭФИ) зависит от таких случайных факторов, как вид и качество источника информации, число описываемых объектов деловой разведки, опыт и квалификация составителя документа и др. В связи с этим

общую продолжительность обработки  $i$ -го текстового информационного документа (операционное время)  $\hat{\tau}_{\Sigma_i}^0$ ,  $i = \overline{1, N}$ , следует рассматривать как случайную величину (символ „ $\hat{\tau}$ “ — знак случайной величины).

Величина  $\hat{\tau}_{\Sigma_i}^0$  (см. рис. 1) формируется из следующих составных частей:

— суммарной продолжительности выполнения операций ознакомления с элементарными фрагментами информации (чтение):  $\hat{\tau}_{\Sigma_i} = \hat{\tau}_{\Sigma_{i1}} + \hat{\tau}_{\Sigma_{i2}} + \dots + \hat{\tau}_{\Sigma_{iN}}$ ;

— суммарной продолжительности выполнения операций интерпретации элементарного фрагмента (объекта):  $\hat{\tau}_{\Sigma_i} = \hat{\tau}_{\Sigma_{i1}} + \dots + \hat{\tau}_{\Sigma_{ik}}$ , где  $k \in [1, N]$ .

Исследования показывают, что число терминов, содержащихся в ЭФИ, также является случайной величиной  $\hat{n}_3$  и подчиняется нормальному закону распределения с параметрами  $\sigma_{\hat{n}_3}$ ,  $m_{\hat{n}_3}$ . Это позволяет предположить, что продолжительность обработки  $\hat{\tau}_3$  фрагмента также подчиняется нормальному закону распределения с плотностью  $\varphi_{\hat{\tau}_3}(\tau)$  и параметрами  $\sigma_{\hat{\tau}_3}$ ,  $m_{\hat{\tau}_3}$ . Такой же характер носят и случайные величины  $\hat{\tau}_H$  и  $\hat{\tau}_3$ .

При данных предположениях модель  $\varphi_{\hat{\tau}_{\Sigma_i}}(\tau)$  продолжительности выполнения операций изучения всех ЭФИ  $i$ -го текстового отчетно-информационного документа будет описываться  $m_{\hat{n}_3}$ -кратной композицией нормальных законов распределения  $\varphi_{\hat{\tau}_3}(\tau)$  (для упрощения записи индекс „ $\Sigma$ “ у символа „ $\Sigma$ “ здесь и далее опущен):

$$\varphi_{\hat{\tau}_{\Sigma}}(\tau) = \underbrace{\varphi_{\hat{\tau}_3}(\tau) \otimes \dots \otimes \varphi_{\hat{\tau}_3}(\tau)}_{m_{\hat{n}_3}} = \frac{1}{\sigma_{\hat{\tau}_{\Sigma}} \sqrt{2\pi}} \exp \left\{ -(\tau - m_{\hat{\tau}_{\Sigma}})^2 / 2\sigma_{\hat{\tau}_{\Sigma}}^2 \right\} \prod (\tau; m_{\hat{\tau}_{\Sigma}} - 3\sigma_{\hat{\tau}_{\Sigma}}; m_{\hat{\tau}_{\Sigma}} + 3\sigma_{\hat{\tau}_{\Sigma}}),$$

$$\text{где } \sigma_{\hat{\tau}_{\Sigma}} = \sqrt{m_{\hat{n}_3} \sigma_{\hat{\tau}_3}^2}, \quad m_{\hat{\tau}_{\Sigma}} = m_{\hat{n}_3} m_{\hat{\tau}_3}.$$

Используя аналогичные рассуждения для интерпретации полученной информации, по результатам обработки фрагментов  $i$ -го текстового отчетно-информационного документа  $\hat{\tau}_{H\Sigma}$  можно записать:

$$\varphi_{\hat{\tau}_{H\Sigma}}(\tau) = \underbrace{\varphi_{\hat{\tau}_H}(\tau) \otimes \dots \otimes \varphi_{\hat{\tau}_H}(\tau)}_{m_{\hat{n}_H}} = \frac{1}{\sigma_{\hat{\tau}_{H\Sigma}} \sqrt{2\pi}} \exp \left\{ -(\tau - m_{\hat{\tau}_{H\Sigma}})^2 / 2\sigma_{\hat{\tau}_{H\Sigma}}^2 \right\} \prod (\tau; m_{\hat{\tau}_{H\Sigma}} - 3\sigma_{\hat{\tau}_{H\Sigma}}; m_{\hat{\tau}_{H\Sigma}} + 3\sigma_{\hat{\tau}_{H\Sigma}}),$$

$$\text{где } \sigma_{\hat{\tau}_{H\Sigma}} = \sqrt{m_{\hat{n}_H} \sigma_{\hat{\tau}_H}^2}, \quad m_{\hat{\tau}_{H\Sigma}} = m_{\hat{n}_H} m_{\hat{\tau}_H}, \quad \hat{n}_H < \hat{n}_3.$$

Следовательно, модель операционного времени  $\hat{\tau}_{\Sigma}^0$ , необходимого для достижения целевого эффекта — обработки текстового отчетно-информационного документа, определяется композицией законов распределения  $\varphi_{\hat{\tau}_{\Sigma}}(\tau)$  и  $\varphi_{\hat{\tau}_{H\Sigma}}(\tau)$ , а учет продолжительности организационно-технологической задержки  $\hat{\tau}_3$  предполагает дополнительную свертку с моделью  $\varphi_{\hat{\tau}_3}(\tau)$  [3]. В случае представления модели организационно-технологической задержки в виде нормального закона распределения модель общих временных затрат на обработку  $i$ -го текстового документа может быть представлена следующим образом (для упрощения записи индекс „ $\hat{\tau}_{\Sigma_i}^0$ “ обозначим как  $q$ ):

$$\varphi_q(\tau) = \varphi_{\hat{\tau}_{\Sigma}}(\tau) \otimes \varphi_{\hat{\tau}_{\text{НС}}}(\tau) \otimes \varphi_{\hat{\tau}_3}(\tau) = \frac{1}{\sigma_q \sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{(\tau - m_q)^2}{2\sigma_q^2}\right\} \prod(\tau; m_q - 3\sigma_q, m_q + 3\sigma_q),$$

где  $\sigma_q = \sqrt{\sigma_{\hat{\tau}_{\Sigma}}^2 + \sigma_{\hat{\tau}_{\text{НС}}}^2 + \sigma_{\hat{\tau}_3}^2}$ ,  $m_q = m_{\hat{\tau}_{\Sigma}} + m_{\hat{\tau}_{\text{НС}}} + m_{\hat{\tau}_3}$ .

В связи с тем, что достижение целевого эффекта обеспечивается интеллектуальным потенциалом сотрудника информационного центра деловой разведки, в качестве функции связности случайных величин результативности  $\hat{v}_i$  и оперативности  $\hat{\tau}_i$  обработки следует выбрать нелинейную функцию вида [1]

$$\hat{v}_i = 1 - \exp\left\{-(\lambda_i (\hat{\tau} - \hat{\tau}_i - \hat{\tau}_3))\right\},$$

где  $\lambda_i$  — производительность (квалификация) сотрудника,  $\hat{\tau}_i = \hat{\tau}_{\Sigma} + \hat{\tau}_{\text{НС}}$ .

Совместная плотность вероятности функционально связанных случайных величин  $\hat{v}_i$  и  $\hat{\tau}_i$  определяется как

$$\begin{aligned} \varphi_{\langle \hat{v}_i, \hat{\tau}_i \rangle}(v, \tau) &= \varphi_{\hat{v}_i}(\tau) \varphi_{\hat{\tau}_i / \hat{v}_i}(\tau; v_i); \\ \varphi_{\hat{v}_i}(v) &= \frac{1 - v_i}{\lambda_i \sigma_{\hat{\tau}_i} \sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{\left(\hat{\lambda}_i^{-1} \ln(1 - v_i)^{-1} - m_{\hat{\tau}_i}\right)^2}{2\sigma_{\hat{\tau}_i}^2}\right\}; \\ \varphi_{\hat{\tau}_i / \hat{v}_i}(\tau; v) &= \frac{1}{\hat{\sigma}_{\hat{\tau}_3} \sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{\left(\tau - (m_{\hat{\tau}_i} - 3\sigma_{\hat{\tau}_i}) - \lambda_i^{-1} \ln(1 - v_i)^{-1} - m_{\hat{\tau}_3}\right)^2}{2\sigma_{\hat{\tau}_3}^2}\right\}, \end{aligned}$$

а эффективность процесса обработки отчетно-информационного документа, определяемая вероятностью достижения цели  $P_{\text{д.ц}}$ , вычисляется по формуле

$$P_{\text{д.ц}} = P_{\text{д.ц}} \left[ (\hat{v}_i \geq v^*) \cap (\hat{\tau}_i \leq \tau^*) \right] = \int_0^v \int_0^{\tau} \varphi_{\hat{v}_i}(v) \varphi_{\hat{\tau}_i / \hat{v}_i}(\tau; v) dv d\tau,$$

где  $v^*$  — требуемое значение результативности обработки,  $\tau^*$  — требуемое значение ее оперативности.

График, характеризующий зависимость эффективности процесса обработки текстового отчетно-информационного документа от ее результативности  $\hat{v}_i$  и оперативности  $\hat{\tau}_i$ , представлен на рис. 2.

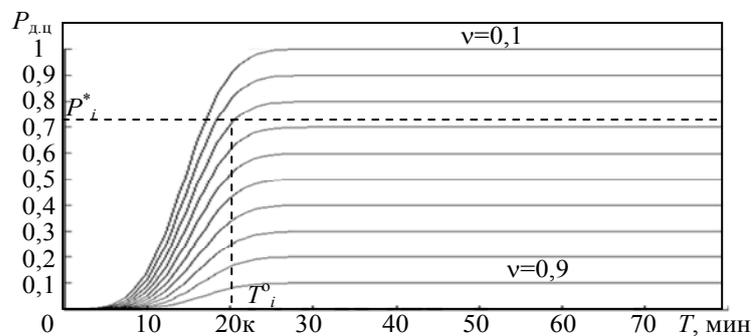


Рис. 2

Данные зависимости позволяют:

— определить время обработки рассматриваемого источника информации:  $T_i^0 = \arg(P_{\text{д.ц}}(t) | P_{\text{д.ц}} = P_i^*)$ , где  $P_i^*$  — требуемая вероятность решения информационной задачи;

— определить интенсивность обработки информации сотрудником деловой разведки на одном автоматизированном рабочем месте:  $\mu_j = 1/\bar{T}^0$ , где  $\bar{T}^0$  — средняя продолжительность обработки информационного документа на  $j$ -м рабочем месте;

— определить требуемое число автоматизированных рабочих мест  $J$  в информационной структуре ситуационного центра деловой разведки, обеспечивающее непрерывную обработку потока информации, поступающего с интенсивностью  $\omega_{\text{вх}}$ , исходя из условия [4]

$$\omega_{\text{вх}} \leq \sum_{j=1}^J \mu_j.$$

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Левкин И. М. Теория и практика информационно-аналитической работы. Курск: НАУКОМ, 2011. 389 с.
2. Доронин А. И. Бизнес-разведка. М.: Ось-89, 2006. 496 с.
3. Петухов Г. Б., Якунин В. И. Методологические основы внешнего проектирования целенаправленных процессов и целеустремленных систем. М.: АСТ, 2006.
4. Двухуровневая модель информационного взаимодействия / Б. Я. Советов, М. О. Колбанёв, Т. М. Татарникова // Материалы VIII Санкт-Петербург. межрегион. конф. „Информационная безопасность регионов России“, 23—25 окт. 2013 г. СПб: СПОИСУ, 2013. С. 184—185.

#### Сведения об авторе

**Игорь Михайлович Левкин** — д-р воен. наук, профессор; Санкт-Петербургский государственный экономический университет, кафедра прикладных информационных технологий;  
E-mail: lev.kin@yandex.ru

Рекомендована кафедрой  
прикладных информационных  
технологий

Поступила в редакцию  
28.04.14 г.

Ю. Б. ГОЛОВКИН, Р. А. ЯРЦЕВ, С. Г. ГАЗЕТДИНОВА

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ СЕРВИСНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ НА ОСНОВЕ ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК

Обсуждается методика построения моделей на основе графов с приоритетами, предназначенная для автоматизированной поддержки процесса управления инструментальной подготовкой на предприятиях сервиса. Показана эффективность методики в условиях расхождения экспертных оценок по количеству и номенклатуре инструмента, необходимого для внутреннего потребления.

*Ключевые слова:* модель, сервис, методика, процесс, граф, экспертная оценка.

**Введение.** Современное предприятие сервиса — это сложная система, которая характеризуется высоким уровнем технической оснащенности, обеспечивающим эффективное решение задач в сфере производства и оказания услуг. В такой системе особую актуальность приобретает организация бесперебойного снабжения всех процессов необходимыми ресурсами, к которым относятся, в частности, технологическая оснастка и инструмент, подверженные быстрому моральному и физическому износу [1]. Следовательно, правильное планирование инструментальной подготовки является важнейшим фактором обеспечения устойчивой работы предприятия сервиса.

В настоящее время не существует ни готовых программных продуктов, ни методических средств, позволяющих эффективно решать задачу планирования инструментальной подготовки в условиях, когда требуется согласование различных мнений по поводу номенклатуры и количества необходимого инструмента и оснастки.

Согласование различных вариантов плана инструментальной подготовки, предложенных участниками процесса планирования, является весьма трудоемким, при этом составление итогового плана вручную неэффективно. Анализ существующих средств, методов и моделей, используемых для автоматизации процесса планирования и управления системами (см., например, работы [2—9]), показал, что они не позволяют осуществлять обработку противоречивых экспертных оценок и не обеспечивают автоматизированное сопоставление, обобщение и согласование точек зрения отдельных экспертов. В связи с этим был сделан вывод о необходимости разработки новой методики моделирования, позволяющей с помощью компьютерных технологий учитывать мнения различных экспертов по заказу необходимого инструмента и оснастки с последующим устранением возникающих расхождений. Содержание этой методики и обсуждается в настоящей статье.

**Планирование инструментальной подготовки производства и сервисного обслуживания.** В настоящее время порядок организации инструментальной подготовки на крупном предприятии сервиса предполагает планирование деятельности инструментальных цехов, производящих различные виды инструмента и оснастки, и включает следующие этапы: 1) формирование портфеля заказов; 2) планирование объема трудовых затрат инструментальных цехов; 3) составление и утверждение номенклатурного плана.

Портфель заказов формируется ежемесячно на основании большого числа заявок от подразделений предприятия. Удовлетворить эти заявки в полном объеме инструментальные цехи часто не в состоянии даже при полной загрузке имеющихся мощностей. Поэтому для выявления наиболее важных позиций портфеля заказов составляется номенклатурный план, который содержит заказы на изготовление, ремонт и модернизацию инструмента и оснастки

в следующем месяце и служит своего рода „фильтром“, позволяющим обеспечить баланс между потоком заявок и пропускной способностью инструментальных цехов, выражаемой в виде планового объема трудовых затрат.

К недостаткам существующего способа планирования инструментальной подготовки можно отнести: 1) большие потери времени на согласование и коррекцию номенклатурного плана; 2) высокую степень субъективности принимаемых решений; 3) сложность коррекции номенклатурного плана при необходимости изменения планового объема трудовых ресурсов; 4) ручной характер обработки данных. Это обуславливает необходимость автоматизации процесса планирования, что позволит предоставить техническому директору, выступающему в роли лица, принимающего решения (ЛПР), возможность просмотра, доработки и согласования различных вариантов номенклатурного плана, а также коррекции планового объема трудовых затрат.

Предлагаемая методика моделирования для составления плана инструментальной подготовки должна выступать в качестве теоретической основы для разработки конкретных моделей экспертных оценок и их практической реализации в виде программного обеспечения на языке высокого уровня.

#### **Методика моделирования для составления плана инструментальной подготовки.**

По своему характеру процесс планирования может быть отнесен к классу простых элементарных процессов (ЭП) как дискретных процессов специального вида, которые целесообразно представлять моделями в виде графов [10, 11]. Разработанная методика основывается на использовании моделей ЭП, каждая из которых включает в качестве главного компонента так называемый граф элементарного процесса (ГЭП) — ориентированный граф, вершины которых отображают возможные состояния моделируемого процесса, а дуги — возможные переходы между ними [10, 11].

Для удобства описания методики вводится нормализация графов и соответствующих моделей: ГЭП первого нормального вида определяется как граф, каждой дуге  $d_k$  которого, исходящей из произвольной вершины  $S_j$ , однозначно соответствуют приоритет  $\pi(d_k, G)$ , предикат активности  $p_a$  и слово  $c(d_k, G)$ , состоящее из символов алфавита  $C$ ; ГЭП второго нормального вида может быть получен из предыдущего удалением всех недостижимых вершин и дуг. Изначально первый нормальный вид имеют индивидуальные модели ЭП, которые строятся экспертами и представляют собой исходные данные для моделирования.

Модели, получаемые на основании экспертных данных, называются индивидуальными. Они содержат ГЭП первого нормального вида и обозначаются как  $M_i$  (см. рис. 1). Предлагается объединить индивидуальные модели в обобщенную модель ЭП  $M^*$ , включающую:

предикат активности — переменную  $p_a^* = \bigvee_{i=1}^N p_{ai}$ , где  $p_{ai}$  — предикат активности индивидуальной модели  $M_i$ ;

вектор активности — вектор-строку вида  $\mathbf{p}_a^* = [p_{a1}; p_{a2}; \dots; p_{ai}; \dots; p_{aN}] = [p_{ai}]_{1N}$ , который в каждый текущий момент времени указывает на  $i$ -активность процесса (т.е. его активность в представлениях  $i$ -го эксперта) по каждой из моделей  $M_i$ ;

обобщенный граф элементарного процесса (ОГЭП) — ГЭП  $G^*$ , включающий начальную вершину  $\sigma^* = \sigma(G^*)$ , вершины  $S_j^*$  которого ( $S_j^* \in O^* = O(G^*), j = \overline{1, N^*}, N^* = N(G^*)$ ) соединены дугами  $d_k^* (d_k^* \in A^* = A(G^*), k = \overline{1, D^*}, D^* = D(G^*))$ , причем если  $D_j^* = D(S_j^*, G^*)$ , то  $D^* = \sum_{j=1}^{N^*} D_j^*$ .

Для каждой дуги  $d_k^*$  ОГЭП задаются: 1) предикат активности  $p_a(d_k^*, G^*)$ , определяющий активность данной дуги; 2) функция прообраза  $F(d_k^*, G^*, G_i)$ , принимающая единичное значение в том и только в том случае, если для дуги  $d_k^*$  на индивидуальном ГЭП (ИГЭП)  $G_i$  най-

дется прообраз, т.е. соответствующая ей дуга  $d (\exists d(d \in \Delta(G_i) \Rightarrow d \sim d_k^*)$ ); 3) вектор-приоритет  $\Pi(d_k^*, G^*)$ , хранящий приоритеты всех дуг  $d$  на различных ИГЭП, соответствующих  $d_k^*$ ; 4) вектор информационного сопровождения  $C(d_k^*, G^*)$ , хранящий символы информационного сопровождения таких дуг; 5) семейство функций развития  $m^*$  — множество вида  $\{m_i(\tilde{G}^i)\}$ ,  $i = \overline{1, N}$ , где  $m_i(\tilde{G}^i)$  — функция развития приведенной индивидуальной модели  $M_i$ , определенная на соответствующем графе  $\tilde{G}^i$ ; 6) семейство функций информационного сопровождения  $e^*$  — множество вида  $\{e_i(\tilde{G}^i)\}$ ,  $i = \overline{1, N}$ , где  $e_i(\tilde{G}^i)$  — функция информационного сопровождения приведенной индивидуальной модели  $M_i$ .

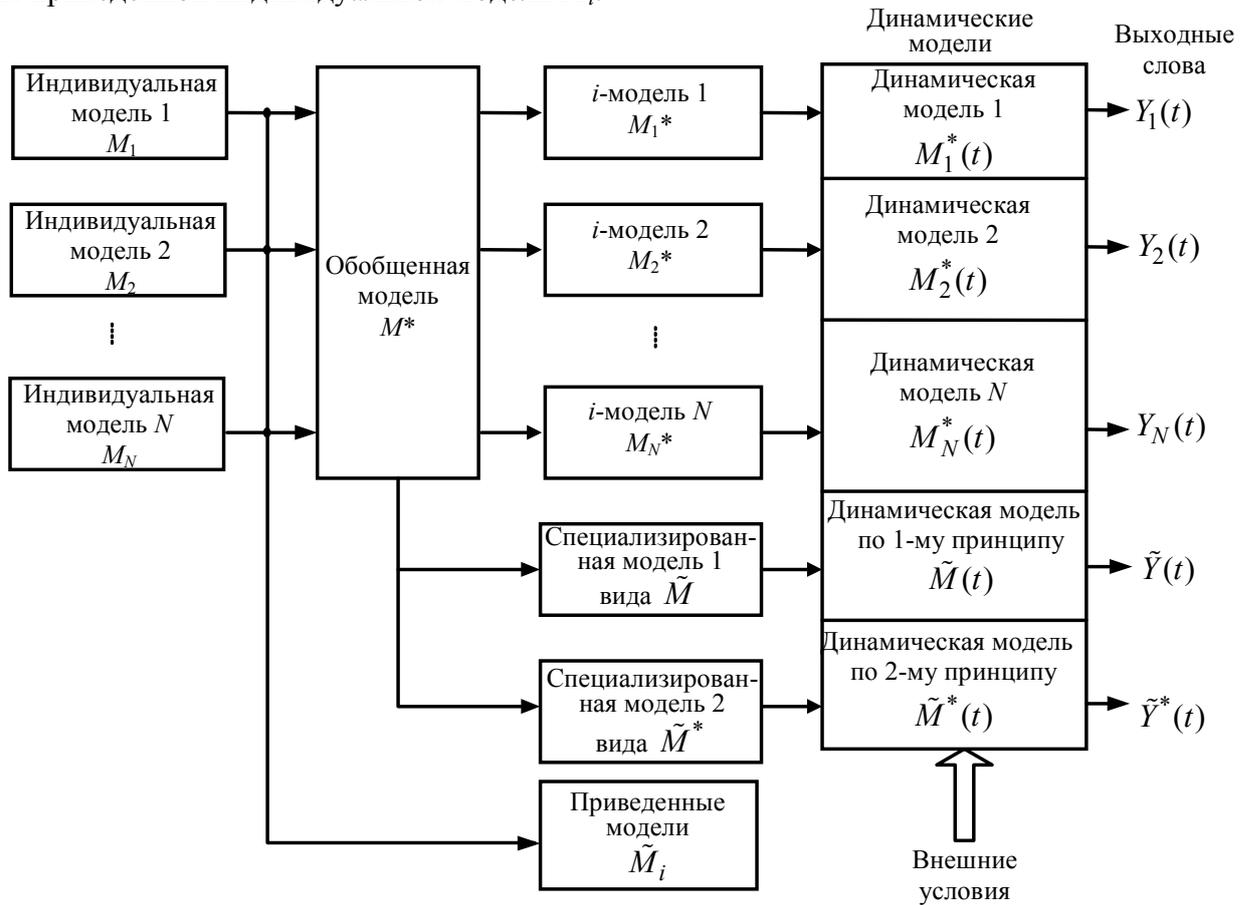


Рис. 1

Разработана процедура, позволяющая строить обобщенную модель ЭП на основе предложенных экспертами индивидуальных моделей, устраняя их избыточность и сохраняя различия. Основная идея данной процедуры заключается в том, что так называемые соответствующие вершины и дуги различных индивидуальных моделей объединяются в одну вершину или дугу на обобщенной модели. Реализация процедуры подробно обсуждается в работе [9].

Обобщенная модель в дальнейшем используется для контроля развития ЭП вместо индивидуальных моделей. Это достигается путем восстановления из модели  $M^*$  так называемых  $i$ -моделей  $M_i^*$ , эквивалентных индивидуальным моделям  $M_i$ , приведенным ко второму нормальному виду. Модели  $M_i^*$  предназначены для построения динамических моделей  $M_i^*(t)$ , которые непосредственно служат для контроля развития описываемого ЭП в момент времени  $t$ , обеспечивая лицо, принимающее решения, информацией в виде выходных слов  $Y_i(t)$ .

Для упрощения контроля ЭП разработаны две процедуры преобразования обобщенной модели к специализированным моделям, имеющим второй нормальный вид. В основу одной из этих процедур положен принцип ранжирования экспертов и предложенных ими моделей

по приоритетам, а в основу другой — принцип преобладания коллективного мнения экспертов над индивидуальными мнениями. Использование данных процедур устраняет противоречия, содержащиеся в индивидуальных моделях, без согласования с их авторами.

**Применение разработанной методики.** Предлагаемый порядок планирования инструментальной подготовки предприятия сервиса и его реализация иллюстрируются общей схемой автоматизированного процесса формирования номенклатурного плана (рис. 2).

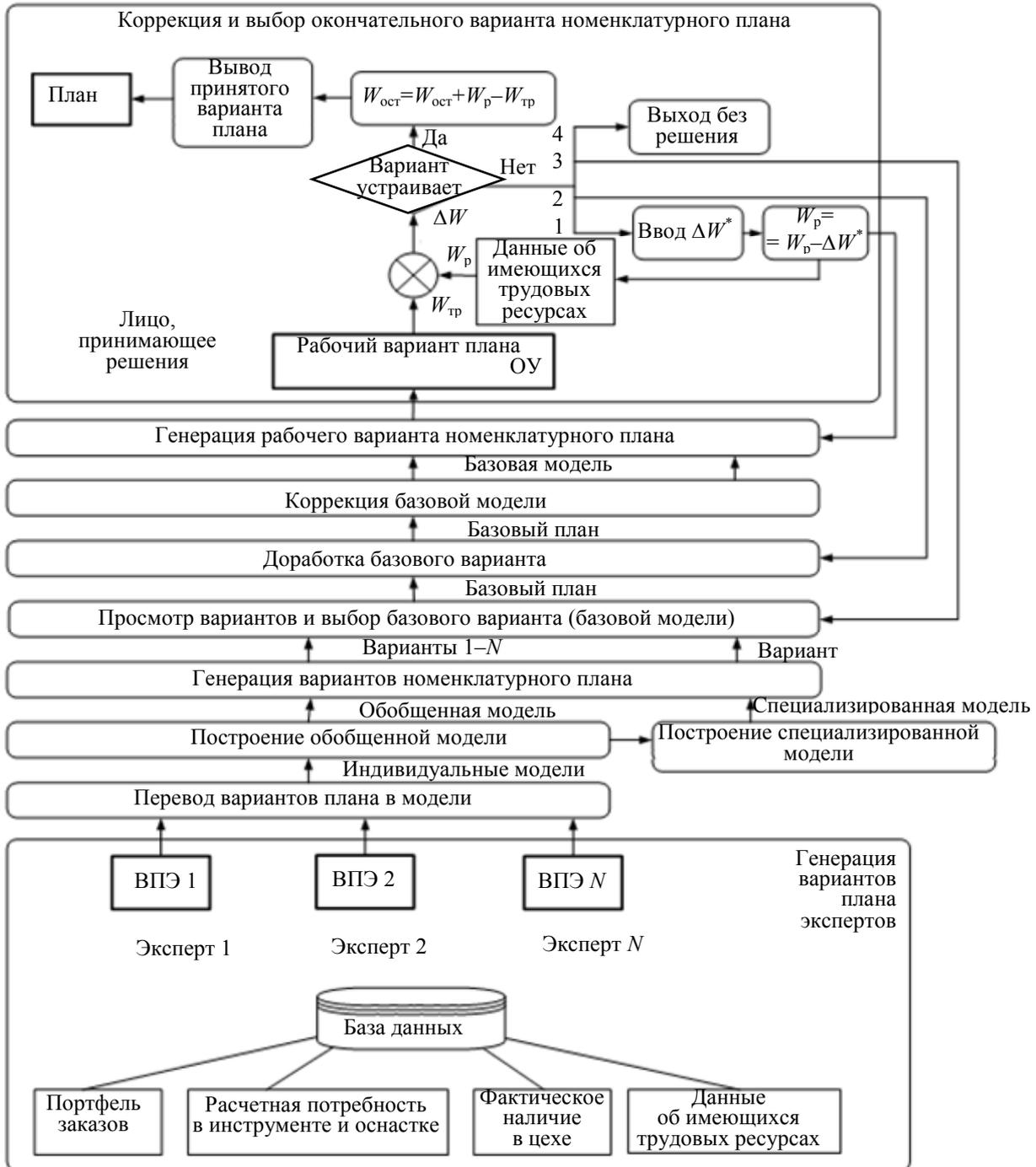


Рис. 2

Экспертам предлагается выбрать наиболее важные, по их мнению, позиции перечня инструмента и оснастки для включения в номенклатурный план следующего месяца. Сформированные экспертами варианты плана (ВПЭ) преобразуются в индивидуальные модели на основе ГЭП, объединяемые в обобщенную модель, которая образует базу для генерации

любого из вариантов номенклатурного плана, а также построения специализированных моделей по запросу ЛПР. Выбранный им вариант является базовым и хранится в виде базовой модели. После его доработки формируется рабочий вариант плана, который используется для выбора окончательного варианта номенклатурного плана, осуществляемого ЛПР.

Далее суммарная трудоемкость выполнения заказов  $W_{тр}$  рабочего варианта плана сравнивается с плановым объемом  $W_p$  имеющихся в распоряжении трудовых ресурсов (в нормо-часах). Если разность  $\Delta W$  между  $W_p$  и  $W_{тр}$  не меньше нуля, то такой вариант считается приемлемым и ЛПР лишь подтверждает решение о принятии окончательного варианта. Программа при этом вычисляет остаток трудовых ресурсов  $W_{ост}$  и осуществляет вывод плана по специальной форме. Если же  $\Delta W < 0$ , что означает недостаток трудовых ресурсов, то рабочий вариант плана неприемлем, и программа сигнализирует об этом управляющему, предлагая принять одно из рекомендуемых решений.

Индивидуальные модели, построенные с помощью предлагаемой методики для экспертов конкретного предприятия, показали избыточность данных более чем на 30 %, которая была устранена построением обобщенной модели  $M^*$  (рис. 3). На основе данной методики был разработан комплекс алгоритмов, программная реализация которого позволила сократить время, расходуемое на принятие решений по номенклатурному плану, более чем на 60 %.

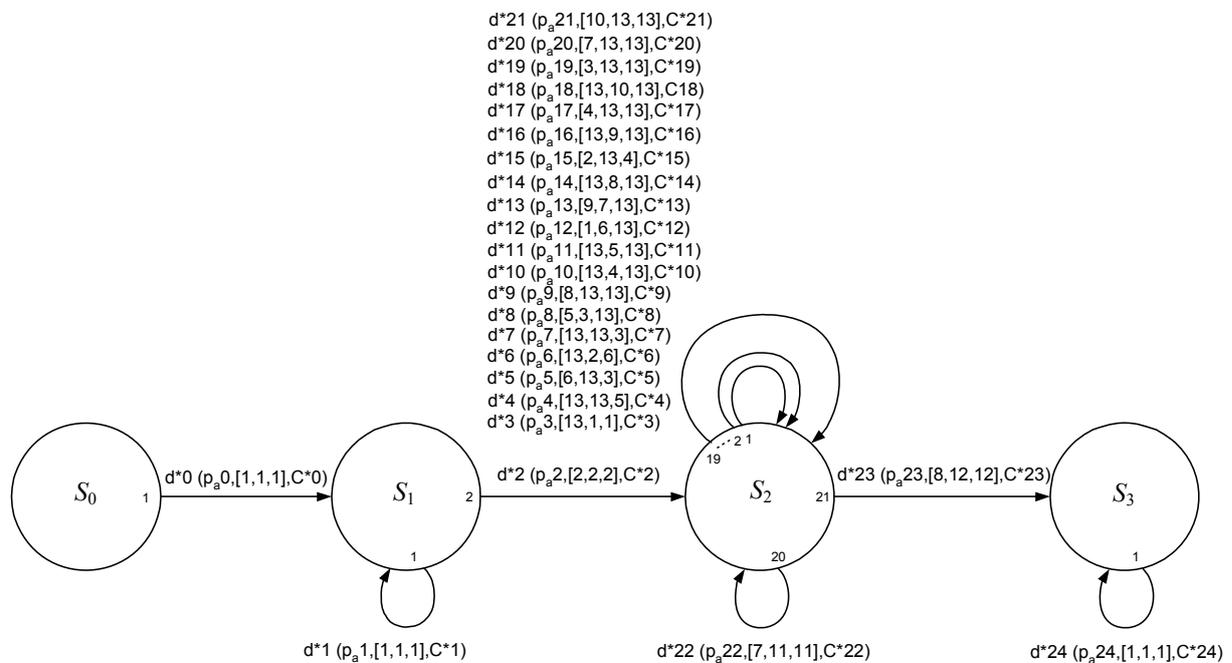


Рис. 3

**Заключение.** Рассмотренная методика, таким образом, предназначается в первую очередь для автоматизации процесса управления в производственных системах и системах сервисного технического обслуживания, где требуется качественная инструментальная подготовка и возникают разногласия по поводу принимаемых решений. Однако универсальный характер данной методики обеспечивает возможность ее применения и для более широкого класса систем, к которым могут быть отнесены, например, системы библиотечного обслуживания [12, 13].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Болгов И. В., Агарков А. П. Инфраструктура предприятий сервиса. М.: Изд. центр „Академия“, 2008. 288 с.
2. Миронов В. В., Ярцев Р. А. Иерархические процессы и их реализация // Вопросы регулирования и управления в сложных системах: Межвуз. науч. сб. Уфа: УАИ, 1991. С. 46—58.

3. Виссарионов В. С., Газетдинова С. Г., Головкин Ю. Б., Ярцев Р. А. Об алгоритме контроля простого элементарного процесса. СПб, 2006. Деп. в ВИНТИ, 24.05.06, № 703-B2006.
4. Виссарионов В. С., Газетдинова С. Г., Головкин Ю. Б., Ярцев Р. А. О контроле дискретных процессов специального вида на основе графов с приоритетами // Интеллектуальные системы обработки информации и управления: Сб. статей 2-й регион. зимней школы-семинара аспирантов и молодых ученых. Уфа: Изд-во „Технология“, 2007. Т. 1. С. 102—106.
5. Богатырев В. А., Богатырев С. В., Богатырев А. В. Функциональная надежность вычислительных систем с перераспределением запросов // Изв. вузов. Приборостроение. 2012. Т. 55, № 10. С. 53—57.
6. Богатырев В. А. Распределение заданий в многомашинных вычислительных системах // Изв. вузов СССР. Приборостроение. 1986. Т. 29, № 5. С. 43—47.
7. Колбанёв М. О., Татарникова Т. М., Воробьёв А. И. Модель балансировки нагрузки в вычислительном кластере центра обработки данных // Информационно-управляющие системы. 2012. № 3. С. 37—41.
8. Пуха Г. П. Методология формирования и реализации систем интеллектуальной поддержки принятия решений. СПб: СММО-Пресс, 2012. 337 с.
9. Газетдинова С. Г., Ярцев Р. А. О построении моделей управления на основе графов с приоритетами по методологии экспертных оценок // Вестн. УГАТУ. 2006. Т. 7, № 2 (15). С. 212—222.
10. Миронов В. В., Головкин Ю. Б., Юсупова Н. И. Об автоматной модели динамической ситуации // Управление сложными техническими системами: Межвуз. науч. сб. Уфа: УАИ, 1986. № 9. С. 3—10.
11. Ярцев Р. А. Об автоматизации управления элементарными процессами в сложных системах. Л., 1991. Деп. в ВИНТИ, 13.02.91, № 739-B91.
12. Кромнина Л. А., Ярцев Р. А. Формирование заказа литературы для библиотеки вуза на основе локальных рейтингов изданий как задача исследования операций // Вестн. УГАТУ. Уфа: УГАТУ, 2010. Т. 14, № 5 (40). С. 176—187.
13. Миронов В. В., Ярцев Р. А., Кромнина Л. А. Применение общих рейтингов заказываемых изданий при формировании оптимального варианта заказа литературы для вуза // Вестн. НГУ. Серия: информационные технологии: Науч. журн. Новосиб. гос. ун-та. 2012. Т. 10, № 4. С. 5—12.

#### *Сведения об авторах*

**Юрий Борисович Головкин**

— канд. техн. наук, доцент; Санкт-Петербургский государственный экономический университет, кафедра прикладных информационных технологий; E-mail: comparif@rambler.ru

**Рустэм Альбертович Ярцев**

— канд. техн. наук, доцент; Уфимский государственный авиационный технический университет, кафедра автоматизированных систем управления; E-mail: rust-66@yandex.ru

**Светлана Геннадьевна Газетдинова**

— канд. техн. наук; Уфимский государственный авиационный технический университет, кафедра автоматизированных систем управления; E-mail: svetlana\_gazetdi@mail.ru

Рекомендована кафедрой  
прикладных информационных  
технологий

Поступила в редакцию  
28.04.14 г.

Н. А. ВЕРЗУН, А. И. ВОРОБЬЁВ, Е. Д. ПОЙМАНОВА

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ С РАЗГРАНИЧЕНИЕМ ПРАВ ДОСТУПА ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ

Рассматривается информационная сеть предприятия сервиса с использованием централизованного устройства контроля доступа для организации санкционированного доступа пользователей к ресурсам сети. Предложена математическая модель сети и метод расчета вероятностно-временных характеристик процессов передачи информации.

*Ключевые слова:* информационная сеть, ресурсы сети, устройство контроля доступа, иллюз контроля доступа, математическая модель сети, вероятностно-временные характеристики процессов передачи информации.

**Введение.** Одним из немаловажных факторов, влияющих на эффективность бизнес-проектов, является, без сомнения, грамотная организация информационного взаимодействия подразделений предприятия [1, 2].

Вместе с тем используемые на предприятии информационные системы при неправильном их развитии могут стать уязвимым местом процесса функционирования предприятия в целом [3]. При этом следует учитывать, что внедрение информационных технологий, необходимых для поддержания бизнес-процесса, наряду с предоставлением новых возможностей и преимуществ, содержит, однако, и определенные угрозы. Используемые в настоящее время методы передачи, обработки и накопления информации связаны с появлением внутренних и внешних угроз, т.е. с возможностью потери, искажения и раскрытия данных, принадлежащих пользователям [4].

Для современного уровня развития информационных систем предприятий сферы сервиса характерно, с одной стороны, значительное увеличение объемов информации, хранимой, обрабатываемой, передаваемой в рамках корпоративной системы. Так, по оценкам специалистов, 70—90 % интеллектуальной собственности компаний хранятся в цифровом виде — в текстовых файлах, таблицах, базах данных [4]. С другой стороны, наблюдается расширение круга пользователей, имеющих непосредственный доступ к информационным ресурсам и сервисам, что ведет к увеличению числа внутренних, преднамеренных или случайных, попыток вмешательства в информационную структуру предприятия [5].

Именно поэтому для защиты интеллектуального капитала компании от внутренних угроз представляется актуальным внедрение и использование в системе управления информационной сетью предприятия аппарата разграничения прав доступа пользователей к ее ресурсам. Проблема санкционированного доступа пользователей к информационным ресурсам может быть решена путем применения централизованного устройства управления доступом. В данном случае решение о доступе каждого конкретного пользователя к информационным ресурсам сети предприятия принимает устройство контроля доступа.

Использование централизованного устройства контроля доступа позволит обеспечить конфиденциальность информации, т.е. ее защиту от несанкционированного просмотра лицами, не имеющими на это право, доступность информации и ее целостность.

В настоящей статье предлагается вариант структуры информационной сети с централизованным устройством контроля доступа к ее ресурсам.

**Структура информационной сети.** В состав сети, структура которой представлена на рис. 1, входят  $N$  рабочих станций и централизованное устройство контроля доступа (УКД). Рабочие станции подключаются к сети через шлюзы контроля доступа (ШКД). Процесс доступа пользователей к информационным ресурсам корпоративной сети осуществляется следующим образом: перед началом сеанса связи (обращением к ресурсам сети) рабочие станции через ШКД отправляют запрос на его разрешение УКД, которое принимает решение о доступе и отправляет ответ-разрешение (либо ответ-запрет) на создание сеанса связи, основываясь на определенной политике безопасности, а также на текущем состоянии системы [6, 7]. УКД может также давать дополнительные команды управления рабочим станциям. В общем случае УКД может рассматриваться как рабочее место администратора сети.

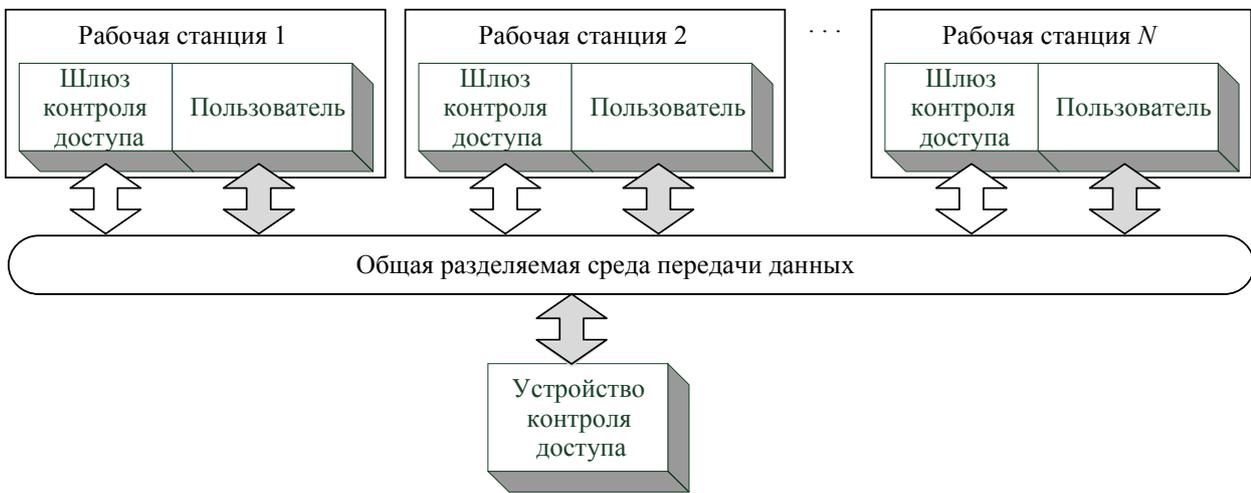


Рис. 1

Все передающие элементы сети можно разбить на три логические группы, т.е. данная сеть представляет собой совокупность 3 подсетей:

- 1 — подсеть пользователей (П),
- 2 — подсеть передачи запросов от ШКД к УКД (ШКД),
- 3 — подсеть передачи ответов от УКД к ШКД (УКД).

Рассмотрим комбинированный метод разделения общего канала передачи данных: между подсетями используется временное разделение — интервалы однократного доступа подсетей (рис. 2), а внутри подсетей П и ШКД — случайный синхронный доступ (ССД). Подсеть УКД состоит из одного передающего элемента и, таким образом, работает в режиме временного разделения канала.



Рис. 2

В отличие от модели, предложенной в работе [8], построим модель в дискретном времени. На вход станции подсети П поступает бернуллиевский поток пакетов данных с интенсивностью  $\lambda_{иП}$  на интервалах  $T_0 = 1/V_c$ , где  $V_c$  — скорость передачи сигналов в среде, бит/с. Аналогично и для подсетей ШКД и УКД предположим входные потоки пакетов (запросов и ответов) бернуллиевскими с интенсивностями  $\lambda_{иШКД}$  и  $\lambda_{иУКД}$  на интервалах  $T_0$ .

Формирование кадров для передачи осуществляется с применением служебных полей: преамбулы длиной  $r_{пр}$  разрядов, флага —  $r_{ф}$ , адреса —  $r_a$ , управления —  $r_y$ , контрольных разрядов —  $r_{кр}$  и информационной части пакета  $k_i$ ; здесь и далее  $i = \overline{\text{ШКД, УКД, П}}$ .

Рассмотрим для передачи всех типов кадров вариант использования алгоритма РОС-ОЖ (решающей обратной связи с ожиданием), предусматривающего применение положительных или отрицательных квитанций длиной  $n_{кв}$ . Длительность временных окон для передачи кадров-запросов ШКД —  $T_{ШКД}$ , кадров-ответов УКД —  $T_{УКД}$  и пользовательских кадров —  $T_{П}$  определяется следующим образом:

$$T_i = c_i V_c^{-1}, \quad c_i = n_i + n_{кв} + t_d V_c + 4 \cdot 10^{-6} D V_c \text{ — для „шины“; } n_i = r_{пр} + r_{ф} + r_a + r_{кр} + r_y + k_i, \quad (1)$$

где  $n_i$  — длина кадра,  $t_d$  — время декодирования кадров и квитанции;  $D$  — длина канала передачи данных, км.

**Математическая модель сети.** Математическая модель сети может быть представлена совокупностью моделей подсетей, входящих в ее состав [9, 10]. Каждая подсеть представляется системой массового обслуживания  $M/G/1$  в дискретном времени на интервалах  $T_0$ .

*Подсеть пользователей.* Кадры, переданные пользователем, считаются обслуженными при соблюдении следующих условий:

- в сообщениях не обнаружено ошибки в результате применения помехоустойчивого кодирования, вероятность чего обозначается как  $Q_{ki}$ ;
- отсутствуют мешающие воздействия станций других пользователей, т.е. нет конфликтов при передаче, вероятность чего обозначается как  $Q_{mi}$ ;
- разрешен доступ станции к сети с вероятностью  $Q_d$  (в соответствии с протоколом ССД).

Если перечисленные условия не выполняются, доставка всех типов кадров повторяется. Так как используется временное разделение канала между подсетями, то интервал однократной передачи кадров в сети постоянный и равен  $C = c_{П} + c_{ШКД} + c_{УКД}$ , где  $c_{П}$ ,  $c_{ШКД}$  и  $c_{УКД}$  — длительности временных окон соответственно для передачи кадров пользователей, запросов ШКД и ответов УКД в интервалах  $T_0$  — определяются по формулам (1). Выражения для  $z$ -преобразования рядов распределения ( $z$ -прр) интервалов однократной передачи для всех подсетей будут иметь вид

$$g_{si}(z) = z^{-C}, \quad (2)$$

а  $z$ -прр интервала обслуживания при передаче информации в подсети П определяется как

$$g_{П}(z) = \frac{Q_{cП}}{z^C - P_{cП}}, \quad Q_{cП} = Q_d Q_{кП} Q_{mП}, \quad P_{cП} = 1 - Q_{cП}; \quad Q_{кП} = (1 - p)^{n_{П}}, \quad Q_{mП} = (1 - Q_d \Theta_{П})^{N-1}, \quad (3)$$

где  $n_{П}$  — длина пользовательского кадра,  $\Theta_{П}$  — вероятность занятости буфера станции пользователя,  $p$  — вероятность ошибки в среде передачи;  $z$ -прр времени задержки при передаче информации в подсетях

$$f_{qi}(z) = \frac{(1 - \Theta_i)(1 - z)g_i(z)}{1 - zp_{ni} - q_{ni}z g_i(z)}, \quad q_{ni} = \lambda_{ni} T_0, \quad p_{ni} = 1 - q_{ni}, \quad (4)$$

где  $q_{ni}$  — параметры входных потоков.

*Подсеть ШКД.* Кадры-запросы от ШКД к УКД на разрешение сеанса передачи считаются обслуженными, если не обнаружено ошибки, не было конфликтов при передаче и разрешен доступ ШКД к сети. Иначе — доставка кадров-запросов повторяется. Тогда, с учетом выражения (2),  $z$ -прр интервала обслуживания при передаче кадров-запросов

$$g_{\text{ШКД}}(z) = \frac{Q_{c\text{ШКД}}}{z^C - P_{\text{ШКД}}}, \quad Q_{c\text{ШКД}} = Q_d Q_{k\text{ШКД}} Q_{m\text{ШКД}}, \quad P_{c\text{ШКД}} = 1 - Q_{c\text{ШКД}}; \quad (5)$$

$$Q_{k\text{ШКД}} = (1-p)^{n_{\text{ШКД}}}, \quad Q_{m\text{ШКД}} = (1 - Q_d \Theta_{\text{ШКД}})^{N-1},$$

где  $n_{\text{ШКД}}$  — длина кадра-запроса,  $\Theta_{\text{ШКД}}$  — вероятность занятости буфера ШКД;  $z$ -прр времени задержки при передаче запросов на разрешение сеансов связи определяется формулой (4) с подстановкой в нее выражений (5).

*Подсеть УКД.* Кадры-ответы от УКД к ШКД считаются обслуженными, если в сообщениях не обнаружено ошибки. Если ошибка обнаружена, доставка кадров-ответов повторяется. С учетом формулы (2) выражение для  $z$ -прр интервала обслуживания при передаче кадров-ответов будет иметь вид

$$g_{\text{УКД}}(z) = \frac{Q_{c\text{УКД}}}{z^C - P_{c\text{УКД}}}, \quad Q_{c\text{УКД}} = (1-p)^{n_{\text{УКД}}}, \quad P_{c\text{УКД}} = 1 - Q_{c\text{УКД}}, \quad (6)$$

где  $n_{\text{УКД}}$  — длина кадра-ответа;  $z$ -прр времени задержки при передаче ответов на запросы определяется формулой (4) с подстановкой в нее выражений (6).

Взаимовлияние подсетей учитывается в системе уравнений интерференции:

$$\left. \begin{aligned} \Theta_{\Pi} &= q_{\text{и}\Pi} \overline{n_{s\Pi}}, \quad \overline{n_{s\Pi}} = (d/dz^{-1})g_{\Pi}(z) \Big|_{z=1}, \quad \Theta_{\Pi} < 1; \\ \Theta_{\text{ШКД}} &= q_{\text{и}\text{ШКД}} \overline{n_{s\text{ШКД}}}, \quad \overline{n_{s\text{ШКД}}} = (d/dz^{-1})g_{\text{ШКД}}(z) \Big|_{z=1}, \quad \Theta_{\text{ШКД}} < 1, \\ \Theta_{\text{УКД}} &= q_{\text{и}\text{УКД}} \overline{n_{s\text{УКД}}}, \quad \overline{n_{s\text{УКД}}} = (d/dz^{-1})g_{\text{УКД}}(z) \Big|_{z=1}, \quad \Theta_{\text{УКД}} < 1. \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

Подставив в систему уравнений (7) выражения (3), (5) и (6) и упростив, получим

$$\left. \begin{aligned} \Theta_{\Pi} &= q_{\text{и}\Pi} C Q_{c\Pi}, \quad \Theta_{\Pi} < 1; \\ \Theta_{\text{ШКД}} &= q_{\text{и}\text{ШКД}} C Q_{c\text{ШКД}}, \quad \Theta_{\text{ШКД}} < 1, \\ \Theta_{\text{УКД}} &= q_{\text{и}\text{УКД}} C Q_{c\text{УКД}}, \quad \Theta_{\text{УКД}} < 1. \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

**Вероятностно-временные характеристики процессов передачи данных.** Среднее время задержки при передаче кадров в подсетях можно найти, используя выражения (1)—(8):

$$t_{qi} = \frac{CT_0(2 - q_{\text{и}i}(C+1))}{2(Q_{ci} - Cq_{\text{и}i})}. \quad (9)$$

Приведем выражения для расчета вероятности своевременной доставки кадров всех типов для случая стохастического ограничения на время обслуживания заявок в подсетях, при котором допустимое время обслуживания заявок в подсетях задается геометрическими распределениями с параметрами  $\tau_i$ :

$$\overline{P_{qi}} = f_{qi}(z) \Big|_{z=\tau_i^{-1}}, \quad \tau_i = 1 - T_0 / \overline{T_{\text{доп}i}}, \quad (10)$$

где  $\overline{T_{\text{доп}i}}$  — среднее допустимое время „старения“ кадров, передаваемых в каждой из трех подсетей.

Информационные скорости общего применения (ОП) и реального времени (РВ) рассматриваемых подсетей определяются из следующих выражений:

$$\left. \begin{aligned} R_{сП}^{ОП} &= \lambda_{иП} k_{П} N, \lambda_{иП} = q_{иП} / T_0, R_{сП}^{PB} = R_{сП}^{ОП} \overline{\Pi_{qП}}; \\ R_{сШКД}^{ОП} &= \lambda_{иШКД} k_{ШКД} N, \lambda_{иШКД} = q_{иШКД} / T_0, R_{сШКД}^{PB} = R_{сШКД}^{ОП} \overline{\Pi_{qШКД}}, \\ R_{сУКД}^{ОП} &= \lambda_{иУКД} k_{УКД}, \lambda_{иУКД} = q_{иУКД} / T_0, R_{сУКД}^{PB} = R_{сУКД}^{ОП} \overline{\Pi_{qУКД}}. \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

**Заключение.** Итак, используя выражения (9)—(11), можно произвести численный анализ вероятностно-временных характеристик процессов передачи информации, поступающей от пользователей, и запросов и ответов на разрешение доступа к информационным ресурсам, а также оценить влияние внедрения централизованного устройства контроля доступа на качество передачи информации в сети.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кожанов Ю. Ф., Колбанёв М. О. Технология инфокоммуникации. Курск: НАУКОМ, 2011.
2. Двухуровневая модель информационного взаимодействия / Б. Я. Советов, М. О. Колбанёв, Т. М. Татарникова // Материалы VIII Санкт-Петербург. межрегион. конф. „Информационная безопасность регионов России“, 23—25 окт. 2013 г. СПб: СПОИСУ, 2013. С. 184—185.
3. Левкин И. М. Информационные проблемы современного общества // Цензура в России: история и современность: Сб. науч. тр. / Под ред. В. Р. Фирсова. СПб: Изд-во „Российская национальная библиотека“, 2013. Вып. 6. С.108—125.
4. Биячуев Т. А. Безопасность корпоративных сетей: Учеб. пособие / Под ред. Л. Г. Осовецкого. СПб: СПбГУ ИТМО, 2004.
5. Доронин А. И. Бизнес-разведка. М.: Ось-89, 2013.
6. Суворов А. А. Архитектура сетей связи с разграничением доступа на основе шлюзов контроля доступа // Материалы конференции „Информационная безопасность регионов России“, 28—30 окт. 2009 г. СПб: СПОИСУ, 2009. С. 140.
7. Верзун Н. А. Модель процесса передачи информации в сети с разграничением прав доступа с использованием устройства контроля доступа // Материалы VIII Санкт-Петербург. межрегион. конф. „Информационная безопасность регионов России“, 23—25 окт. 2013 г. СПб: СПОИСУ, 2013. С. 134.
8. Советов Б. Я., Колбанёв М. О., Татарникова Т. М. Оценка вероятности эрланговского старения информации // Информационно-управляющие системы. 2013. № 6. С. 25—28.
9. Чугреев О. С., Македонский М. А. Моделирование локальных информационных систем с услугами административного управления // Междунар. конф. по информационным сетям и системам — ICINAS-2000, 2—7 окт.: Тр. ЛОНИИС. СПб: СПбГУТ, 2000. С. 332—344.
10. Верзун Н. А. Множественный доступ в информационных системах: Учеб. пособие. СПб: СПбГУТ, 2007. 92 с.

#### Сведения об авторах

- Наталья Аркадьевна Верзун** — канд. техн. наук, доцент; Санкт-Петербургский государственный экономический университет, кафедра прикладных информационных технологий; E-mail: dina\_25@hotmail.ru
- Андрей Игоревич Воробьёв** — канд. техн. наук; Санкт-Петербургский государственный экономический университет, кафедра прикладных информационных технологий; E-mail: vorobiov\_a@inbox.ru
- Екатерина Дмитриевна Пойманова** — Санкт-Петербургский государственный экономический университет, кафедра прикладных информационных технологий; ассистент; E-mail: e.d.poumanova@gmail.com

Рекомендована кафедрой прикладных информационных технологий

Поступила в редакцию 28.04.14 г.

М. О. КОЛБАНЁВ, Е. Д. ПОЙМАНОВА, Т. М. ТАТАРНИКОВА

## ФИЗИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОЦЕССА СОХРАНЕНИЯ ДАННЫХ

Рассматривается проблема экономии физических ресурсов при реализации информационного процесса сохранения данных. Предлагается модель для выбора базовой информационной технологии хранения исходя из характеризующих ее физических ресурсов — пространственных, временных и энергетических.

*Ключевые слова:* информационная технология, информационная услуга, сохранение данных, физические ресурсы информационных технологий, выбор информационной технологии.

**Введение.** Информатизация ставит новые задачи перед предприятиями сервиса [1]. Одной из таких задач является предоставление услуг по сохранению (долговременному хранению) данных в интересах юридических и физических лиц [2]. Суть процесса сохранения заключается в переносе данных во времени, что требует разработки соответствующих информационных технологий. Количественная мера, позволяющая оценить эффективность информационного процесса сохранения, может быть выражена с помощью физических ресурсов в единицах времени, пространства и энергии.

Рациональное управление физическими ресурсами позволяет повысить ценность информационных технологий и уменьшить затраты на их применение и в абсолютном, и в относительном измерении [3, 4].

**Особенности и типы физических ресурсов.** Известно, что люди хотят верить в существование вечного двигателя, но поскольку информация материальна, ее преобразование подчиняется законам физики, в соответствии с которыми движение в пространстве и времени требует энергии.

Физическая среда для преобразования данных использует три типа физических ресурсов.

1) Пространственные ресурсы — это геометрическая мера, которая определяет координаты и взаимное расположение в пространстве пользователей, данных и знаков информационной последовательности.

2) Временные ресурсы — это мера для сопоставления порядка следования и частоты (скорости) событий, изменяющих состояния данных и пользователей.

3) Энергетические ресурсы — это мера для оценки действий, которые необходимо совершить для преобразования знаков информационной последовательности в процессе информационного взаимодействия.

Физические ресурсы требуются не только в процессе информационной деятельности предприятий сервиса. Более того, объемы физических ресурсов, необходимых для функционирования информационных и материальных систем для сервисной деятельности, вполне сопоставимы. Например, самое большое в мире судно-контейнеровоз „Emma Maersk“ имеет площадь палубы  $\sim 22\,220\text{ м}^2$ ; мощность энергетической установки 81 МВт, а скорость 25,6 узла (47,4 км/ч) позволяет ему пересекать океаны за 10—20 суток. Самый крупный в Европе центр обработки данных Сбербанк РФ занимает площадь  $16\,500\text{ м}^2$ , потребляет 25 МВт электроэнергии, а для перемещения хранимых в нем данных по каналу со скоростью 10 Гбит/с потребуются не менее 10 суток. Недостаточное внимание к ресурсной экономичности именно информационных систем было связано со стремительным ростом их объемных характеристик, измеряемых в единицах объема данных и трафика, так что физические параметры отступали на второй план.

Информационный процесс сохранения данных заключается в доставке данных до получателей в сохранности, целостности и безопасности после их содержания в памяти в течение требуемого времени. Следует различать сохранение данных и хранение данных в процессе обработки. Во втором случае компьютерная память хранит исходные данные и программы во время вычислений в соответствии с принципом фон Неймана [5, 6].

Для сохранения на цифровых носителях каждый бит данных сопоставляется с минимальной единицей хранения (Minimal Storage Unit — MSU). Главное свойство единицы хранения — это способность оставаться в одном из нескольких (в частности, в одном из двух) устойчивых состояний. Необходимое состояние устанавливается управляющим сигналом. Если MSU имеет 2 устойчивых состояния, то сохраняется 1 бит данных, если 4, то — 2 бита, если 8, то — 3 бита и т.д. В качестве MSU может использоваться магнитный домен, триггер или микрорельеф, расположенные на поверхности или в объеме запоминающего устройства (ЗУ) — материального носителя данных [5].

**Объем ЗУ.** Запоминающее устройство имеет вещественно-предметную форму, определенный размер и переносит во времени (сохраняет) группу MSU. Общее представление о возможностях ЗУ и способах управления им как переносчиком данных во времени дает объем ЗУ  $V_{ЗУ}$ , который вычисляется по формуле (рис. 1)

$$V_{ЗУ} = S D B = M \log_2 N,$$

здесь  $S$  — геометрические размеры (площадь) ЗУ, дюйм<sup>2</sup>;  $D = M / S$  — плотность размещения MSU, зн/дюйм<sup>2</sup>, где  $M$  — количество минимальных единиц хранения, „помещающихся“ на площади  $S$ ;  $B = \log_2 N$  — количество бит, которое сохраняет одна MSU, бит, где  $N$  — число состояний одной единицы хранения, если эти состояния равновероятны.

Достаточным условием возможности сохранения сигнала информационным объемом  $V_{инф}$  в запоминающем устройстве объемом  $V_{ЗУ}$  в реальном масштабе времени является соотношение:  $V_{инф} \leq V_{ЗУ}$ . Согласовать возможности ЗУ с объемами данных (рис. 2), подлежащих сохранению, можно, изменяя параметры  $S$ ,  $D$  и (или)  $B$ .



Рис. 1

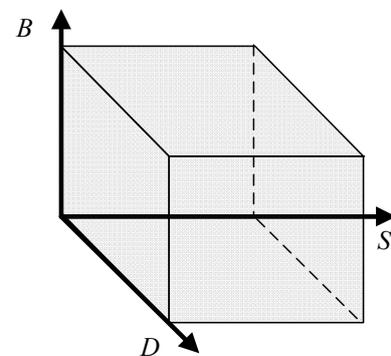


Рис. 2

**Пространственные ресурсы.** При сохранении данных к пространственным ресурсам относятся размер ЗУ и плотность записи.

Плотность записи данных — это количество бит, которое размещается на единице площади (или объема) запоминающего устройства. Наиболее широко в настоящее время используется магнитная и полупроводниковая память. Хотя уже реализована возможность сохранения данных в ячейке памяти, состоящей из 12 атомов магнитного материала, для хранения одного бита данных на обычном жестком диске используются сотни тысяч атомов. Внедрение этой технологии позволит создавать и компактные, и быстрые, и энергетически эффективные устройства.

Плотность записи в полупроводниковой памяти зависит от используемого технологического процесса — последовательности технологических операций изготовления транзисторов и других полупроводников. Современная технология основана на методе фотолитографии,

разрешающая способность которого определяет размер транзисторов. Уже к 2015 г. может быть освоен 10-нанометровый технологический процесс. Пока размер атома — это нижний теоретический предел увеличения плотности записи. Дальнейшее уменьшение размера 1 бита связано с переходом на квантовые технологии.

**Временные ресурсы.** Особенность времени как ресурса заключается в том, что управлять им можно лишь планируя продолжительность тех или иных этапов и фаз информационного процесса, в том числе, с учетом случайных факторов [6, 7].

Особенность процесса сохранения данных обуславливает его основной временной ресурс — время гарантированного сохранения: период времени, который начинается в момент записи данных и продолжается до тех пор, пока данные могут быть найдены, считаны и интерпретированы пользователем.

С точки зрения требований к временному ресурсу сохранения, данные могут быть разделены на 3 группы.

1. Оперативные данные, изменяющиеся в результате обработки в реальном времени потока небольших по размеру транзакций [8] (результаты текущей работы, балансы счетов, ведомости инвентаризации, заказы, прайсы и т.п.), должны сохраняться в течение нескольких лет и подлежат резервному копированию; главное требование к технологии — быстрый доступ к большим объемам данных — реализовано сегодня в системах хранения данных.

2. Архивные данные, цикл жизни которых определен нормативными документами (персональные данные, банковские счета, финансовые отчеты, данные страхования, медицинские документы, налоговые декларации и т.п.), должны сохраняться десятки лет и могут уничтожаться только после завершения цикла; требования к технологиям сохранения таких данных изменяются на разных этапах жизненного цикла; наиболее распространено использование компакт-дисков и ленточных магнитных накопителей [6].

3. Данные, необходимые для решения общих задач выживания будущих поколений, а также исторические, фамильные и индивидуальные данные, сохраняемые по желанию людей для далеких потомков, должны сохраняться сотни и тысячи лет; особенность технологии, связанная с большим временем гарантированного сохранения, требует создания эталонной модели цифровых данных, которая позволит далеким поколениям „расшифровать“ сохраненное.

Магнитные, полупроводниковые и оптические ЗУ, которые широко используются для хранения данных первого и второго типа, не годятся для долговременного хранения. Специфическими устройствами, способными решить эту задачу, являются [5, 6]:

— диски типа M-Disc, на которых данные сохраняются на слое минерального материала, подобного камню, что гарантирует сохранность файлов на протяжении 1000 лет;

— стеклянные диски, являющиеся еще более надежными ЗУ: они не имеют минерального слоя, устойчивы к природным катастрофам, пожарам и излучениям, выдерживают условия открытого космоса, температуры, близкие к абсолютному нулю, и излучение Солнца; прожечь носитель можно лишь на специальном оборудовании; срок изготовления такого диска составляет несколько дней;

— накопители, созданные на базе флеш-памяти с антикоррозийной защитой, имеют гарантию 100 лет хранения; электроны в плавающем затворе транзисторов сохраняются тем дольше, чем ниже температура хранения;

— искусственно синтезированная частица ДНК, которая позволяет хранить эксабайты данных и в лиофилизированной форме сохранять их теоретически тысячи лет.

**Энергетические ресурсы.** Основным энергетическим показателем для данных третьего типа является энергетический барьер, который обеспечивает разделение MSU друг от друга и защиту от воздействия внешней среды. Вероятность искажения данных зависит от многих физических факторов и может быть определена по закону Аррениуса. Считается, что для сохранения данных на миллион лет нужен барьер 60 — 70 кВт.

При сохранении данных первого и второго типа требуются существенно меньшие энергетические барьеры, тем не менее, из-за больших объемов хранения значительное количество энергии расходуется и на этапах записи/считывания, и в процессе сохранения данных. По данным теплотехнического консорциума (сообщества инженеров-теплотехников, занятых в области производства компьютерной техники), тепловая нагрузка на единицу площади основания оборудования сохранения данных достигает сегодня более  $3 \text{ кВт/м}^2$  для ленточных накопителей и не менее  $30 \text{ кВт/м}^2$  для дисковых накопителей [9].

На рис. 3 представлена модель для многокритериального выбора базовой информационной технологии сохранения исходя из характеризующих ее физических ресурсов. Разным технологиям соответствуют разные точки с координатами  $A$ ,  $F$ ,  $T$ . Ось ординат ( $A$ ) отображает пространственные характеристики, ось абсцисс ( $T$ ) — временные, ось аппликат ( $F$ ) — энергетические [2].

Основанием для выбора технологии должны служить объемы сигнала и ЗУ, а также потребность в физических ресурсах для преобразования сигнала. Сравнительный анализ трех технологий (см. рис. 3) показывает, что технология 1 требует наибольшего количества энергии и занимает промежуточное положение относительно временных и пространственных ресурсов; технологии 2 соответствуют наименьшие количества пространственных и временных ресурсов и т.д.

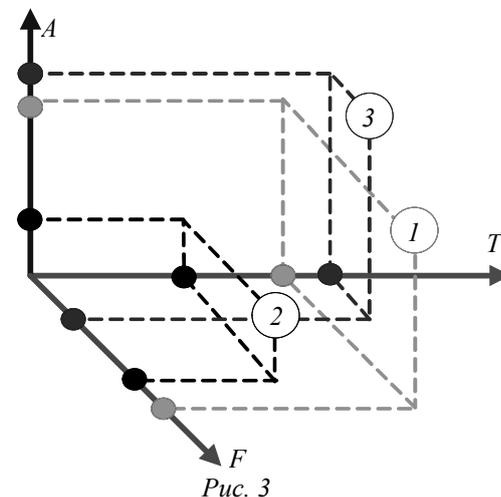


Рис. 3

**Заключение.** Появление новой сферы услуг — сохранение данных, как и наличие множества технологий хранения данных, в том числе длительного, обуславливает удорожание ресурсов при их реализации. Перед специалистами встает задача выбора определенной технологии, с одной стороны, удовлетворяющей требованиям потребителей услуги сохранения, и, с другой стороны, обеспечивающей экономию физических ресурсов, необходимых для процесса сохранения.

Классификация существующих технологий по различным параметрам позволяет упростить задачу выбора технологии длительного хранения информации как для специалистов, так и для пользователей.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Левкин И. М. Комплексная обработка информации. СПб: ВКА им. А. Ф. Можайского, 2011.
2. Колбанёв М. О., Татарникова Т. М., Воробьёв А. И. Модель обработки клиентских запросов // Телекоммуникации. 2013. № 9. С. 42—48.
3. Татарникова Т. М. Оценка вероятностно-временных характеристик сетей хранения данных SAN // Программные продукты и системы. 2009. № 4. С. 177—179.
4. Советов Б. Я., Колбанёв М. О., Татарникова Т. М. Технологии инфокоммуникации и их роль в обеспечении информационной безопасности // Геополитика и безопасность. 2014. № 1(25). С. 69—77.
5. Пойманова Е. Д. Современные технологии сохранения информации // Материалы VIII Санкт-Петербург. межрегион. конф. „Информационная безопасность регионов России“, 23—25 окт. 2013 г. СПб: СПОИСУ, 2013.
6. Татарникова Т. М., Пойманова Е. Д. Технологии долговременного хранения данных // Материалы Междунар. науч.-практ. конф. „Наука и образование в XXI веке“. Тамбов: Изд-во ТРОО „Бизнес—Наука—Общество“, 2013. Ч. 31. С. 136—137.
7. Кутузов О. И., Татарникова Т. М. Моделирование систем и сетей телекоммуникаций. СПб: РГГМУ, 2012.
8. Советов Б. Я., Колбанёв М. О., Татарникова Т. М. Оценка вероятности эрланговского старения информации // Информационно-управляющие системы. 2013. № 6. С. 25—28.

9. Модель физических характеристик сигналов / Б. Я. Советов, М. О. Колбанев, Т. М. Татарникова // Материалы VIII Санкт-Петербург. межрегион. конф. „Информационная безопасность регионов России“, 23—25 окт. 2013 г. СПб: СПОИСУ, 2013.

#### Сведения об авторах

- Михаил Олегович Колбанёв** — д-р техн. наук, профессор; Санкт-Петербургский государственный экономический университет, кафедра прикладных информационных технологий; E-mail: mokolbanev@mail.ru
- Екатерина Дмитриевна Пойманова** — Санкт-Петербургский государственный экономический университет, кафедра прикладных информационных технологий; ассистент; E-mail: e.d.romanova@gmail.com
- Татьяна Михайловна Татарникова** — д-р техн. наук, профессор; Санкт-Петербургский государственный экономический университет, кафедра прикладных информационных технологий; E-mail: tm-tatarn@yandex.ru

Рекомендована кафедрой  
прикладных информационных  
технологий

Поступила в редакцию  
28.04.14 г.

УДК 681.3

## М. О. КОЛБАНЁВ, Н. А. ВЕРЗУН, А. В. ОМЕЛЯН ОБ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СЕТЕЙ ПАКЕТНОЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Исследуется зависимость энергопотребления сетей связи от алгоритмов формирования блоков данных при пакетной коммутации.

**Ключевые слова:** информационные технологии, энергопотребление сетей связи, коммутация пакетов, локальная сеть, старение информации.

Еще пионеры кибернетики, изучая информацию, отмечали, что любые информационные преобразования основаны на физических законах. Например, А. А. Ляпунов [1] указывал на ограничения пространства, времени и энергии при реализации информационных технологий, так как концентрация значительной массы знаков в ограниченном объеме пространства невозможна, а получение новых знаков и их передача в новый носитель за малое время, а также регистрация новых знаков посредством малых энергетических затрат неосуществимы. Р. Ландауэр [2] ставит знак равенства между информационными и физическими процессами, поскольку „информация физична“. Определение понятия „информация“, которое следует из работ Н. Винера [3], явно связывает информацию с ее физическими свойствами: „Информация — это обозначение содержания, полученное нами из внешнего мира в процессе приспособления к нему нас и наших чувств“.

Исследованию физических свойств информации уделялось недостаточное внимание до тех пор, пока действовал закон Г. Мура, в соответствии с которым объемные характеристики информационных систем росли экспоненциально. Однако в последние годы стало очевидным существование некоторого предела возможностей современных полупроводниковых технологий. В компьютерном мире этот предел называют точкой Стерлинга, который в 2012 г. предположил, что эксафлопсный рубеж окажется пределом развития современных суперкомпьютеров. Точка Стерлинга — это условное ограничение производительности суперкомпьютера, построенного на доступных технологиях.

Главным системным ограничением для суперсистем хранения, передачи и обработки данных является энергопотребление. В настоящее время крупные центры обработки данных, системы коммутации и маршрутизации, суперкомпьютеры потребляют в процессе своей работы

десятки мегаватт электроэнергии. Один маршрутизатор операторского класса, например, каждый год потребляет столько энергии, сколько выделяется при сжигании десятков тонн угля.

Особенностью современных информационно-коммуникационных технологий [4], использующих принцип фон Неймана, является необходимость многократных процессов сохранения, распространения и обработки данных. Это означает, что объемы энергии, потребляемые каждым информационным битом за время его жизненного цикла, увеличиваются многократно.

К числу главных причин энергетической неэффективности мощных информационных систем относятся затраты на распространение данных и сложность аппаратно-программного обеспечения. Одним из путей повышения энергоэффективности технологий распространения данных является рациональный выбор алгоритмов управления информационными потоками.

Сегодня коммутационные сети базируются в основном на технологии коммутации пакетов и в сетях доступа, и в глобальных сетях, которые разрабатывались в прошлом веке, когда никто не задумывался о пределах закона Г. Мура. Разработчики стремились к обеспечению совместной работы неоднородных сетей, повышению процента использования оборудования, экономии пропускной способности каналов и выполнению работы в реальном времени.

При рассмотрении сетевых технологий относительно энергии, потребляемой центрами коммутации и обработки данных в процессе оказания информационно-коммуникационных услуг [5], выделим, для упрощения, два основных процесса пакетной коммутации: обработку адресов и другой служебной информации (СИ) в процессе коммутации, формирование линейного кода для транспортировки данных по сети.

Согласно принципу Ландауэра [6], независимо от физики и технологии вычислительного процесса при потере 1 бита данных, как минимум, выделяется энергия, равная  $E = k_B \tau \ln 2$ , Дж, где  $k_B$  — постоянная Больцмана,  $\tau$  — температура, К, при которой ведутся информационные преобразования. Следовательно, количество энергии, потребляемой для обработки информации, зависит от объема данных, подлежащих обработке, а энергопотребление на формирование линейного кода зависит от количества бит транспортируемых данных.

Если зафиксировать в битах размер  $s$  информационной части блоков данных, распространяемых по сети, то объем данных, подлежащих распространению, может быть измерен в количестве таких блоков. Очевидно, что реальный объем распространяемых данных будет больше информационного на величину, соответствующую объему служебных данных, присоединяемых к каждому информационному блоку.

Параметр  $s$  будет влиять и на энергопотребление, поскольку изменение  $s$  приводит, в свою очередь, к изменению количества пересылаемых блоков данных и, соответственно, количества операций обработки служебных данных, а также к изменению количества бит, пересылаемых по каналу.

Обозначим через  $\eta_{обр}$ ,  $\eta_p$  — коэффициенты, учитывающие особенности используемых технологий обработки и распространения данных соответственно. Тогда для оценки количества энергии, потребляемой в процессе обработки и распространения данных, можно воспользоваться формулами [7]

$$E_{обр} = k_B \tau H(s) \eta_{обр}; \quad E_p = k_B \tau K(s) \eta_p, \quad (1)$$

где  $H(s)$  — количество обрабатываемых данных, бит;  $K(s)$  — количество бит, распространяемых по каналу.

Исследуем энергопотребление на обработку и транспортировку данных в процессе оказания услуги по доставке файла в локальной сети передачи данных (ЛСПД). Для моделирования процессов старения информации [8] используем аппарат систем массового обслуживания (СМО). Математические модели ЛСПД в дискретном времени представлены в работах [9, 10].

Для определенности предположим: ЛСПД однородна; на входы  $N$  станций пользователей поступают бернуллиевские потоки пакетов с параметром  $q_n$  на интервале  $T_0 = 1/V$ , где  $V$  — скорость передачи данных, бит/с; интенсивность входного потока пакетов  $\lambda_n = q_n/T_0$ , пакетов/с; метод доступа — синхронный временной; топология — шина; используется режим пакетной передачи, и файл длиной  $F$ , бит, разбивается на равные части размером  $s$ . Схема разбиения файла и формирования протокольных блоков (ПБ) транспортного (ТУ), сетевого (СУ) и канального (КУ) уровней приведена на рис. 1. Протокольные блоки образуются путем добавления соответствующих заголовков (ЗТУ, ЗСУ, ЗКУ).

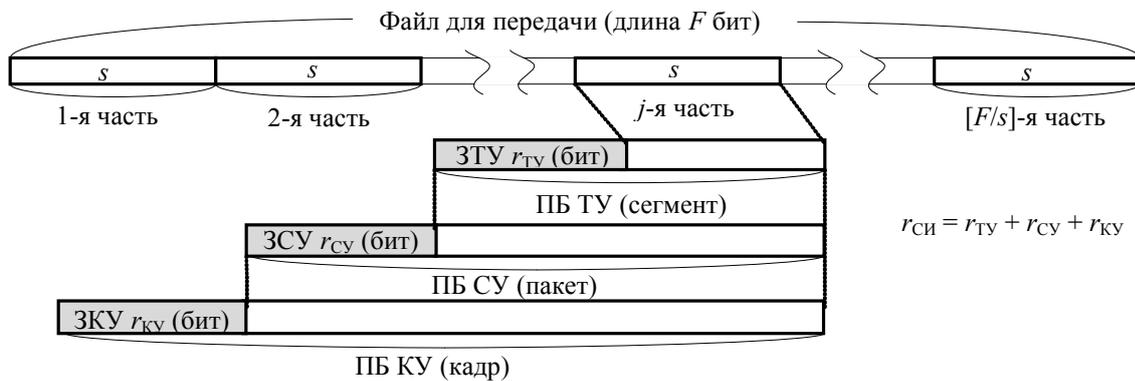


Рис. 1

Расчет длительности, в секундах, временного окна доступа при использовании алгоритма решающей обратной связи с ожиданием и передачей квитанции осуществляется по формулам

$$T = cV^{-1}, \quad c = \tilde{n}_k + r_0, \quad \tilde{n}_k = s + r_{СИ}, \quad r_0 = 4 \cdot 10^{-6} D_k V + n_{кв} + t_d V, \quad (2)$$

где  $c$  — длина временного окна доступа, выраженная в дискретном времени, бит;  $\tilde{n}_k$  — длина передаваемого кадра, бит;  $r_0$  — время (бит), затрачиваемое на передачу квитанции длиной  $n_{кв}$ , бит, и декодирование кадра и квитанции  $t_d$ , с;  $D_k$  — длина канала, км; в формат кадра входят (см. рис. 1) служебные поля длиной  $r_{СИ}$ , бит, и информационная часть  $s$ .

Математическая модель ЛСПД представляется в виде СМО  $M^1/G^d/1$  на интервалах  $T_0$  и задается совокупностью следующих выражений:

$$f_q(z) = \frac{(1-\Theta)(1-z)g(z)}{1-(1-q_n)z - q_n z g(z)}, \quad \Theta = q_n c N / Q, \quad \Theta < 1; \quad (3)$$

$$g(z) = \frac{Q}{z^{cN} - P}, \quad P = 1 - Q, \quad Q = (1-p)^{\tilde{n}_k},$$

где  $f_q(z)$  —  $z$ -преобразование ряда распределения (прр) времени задержки кадра в сети;  $g(z)$  —  $z$ -прр интервала обслуживания;  $Q$  — вероятность успешного обслуживания;  $\Theta$  — вероятность занятости буфера станции;  $p$  — вероятность ошибки в канале передачи.

В условиях неидеальной среды (когда  $p \neq 0$ ), до реализации доставки, возможно осуществление нескольких  $(0, 1, 2, \dots, v, \dots)$  попыток передачи кадра. Будем считать повторения передач независимыми. Тогда

$$g_a(v) = QP^{v-1}, \quad \bar{v} = 1/Q, \quad (4)$$

где  $g_a(v)$  — ряд распределения числа передач  $v$  с параметром  $Q$ : см. формулы (3);  $\bar{v}$  — среднее число передач.

Используя формулы (2)—(4), найдем выражения для вероятности своевременной доставки файла, количества обрабатываемых данных и количества бит, распространяемых по каналу при передаче файла длиной  $F$ , разбитого на части размером  $s$ :

$$\overline{\Pi_{qF}} = (\overline{\Pi_q})^{[F/s]}, \quad \overline{\Pi_q} = f_q(z) \Big|_{z=Q_{\text{доп}}^{-1}}, \quad Q_{\text{доп}} = 1 - T_0 / \overline{T_{\text{доп}}}, \quad (5)$$

$$H(s) = [F/s] \overline{vr_{\text{СИ}}}, \quad K(s) = [F/s] \overline{v}(s + r_{\text{СИ}}),$$

где  $\overline{\Pi_q}$  — вероятность своевременной доставки передаваемых кадров, рассчитываемая с учетом формул (3);  $\overline{T_{\text{доп}}}$  — среднее допустимое время доставки.

Предположим, что операции обработки служебной части передаваемых кадров и формирование линейного кода для передачи по каналу выполняет один и тот же процессор и  $\eta_{\text{обр}} \approx \eta_p = \eta$ . Тогда выражения (1) после подстановки в них формул (5) примут следующий вид:

$$E_{\text{обр}} = k_B \tau \eta \frac{[F/s] r_{\text{СИ}}}{Q}, \quad E_p = k_B \tau \eta \frac{[F/s](s + r_{\text{СИ}})}{Q}. \quad (6)$$

Рассмотрим, как влияет размер передаваемых блоков на энергозатраты, связанные с обработкой СИ и формированием линейного кода для передачи файла по ЛСПД, и на вероятностную характеристику — вероятность своевременной доставки файла при использовании физической среды передачи низкого ( $p=10^{-5}$ ) и высокого ( $p=10^{-8}$ ) качества.

Графики данных зависимостей представлены на рис. 2, а, б соответственно.

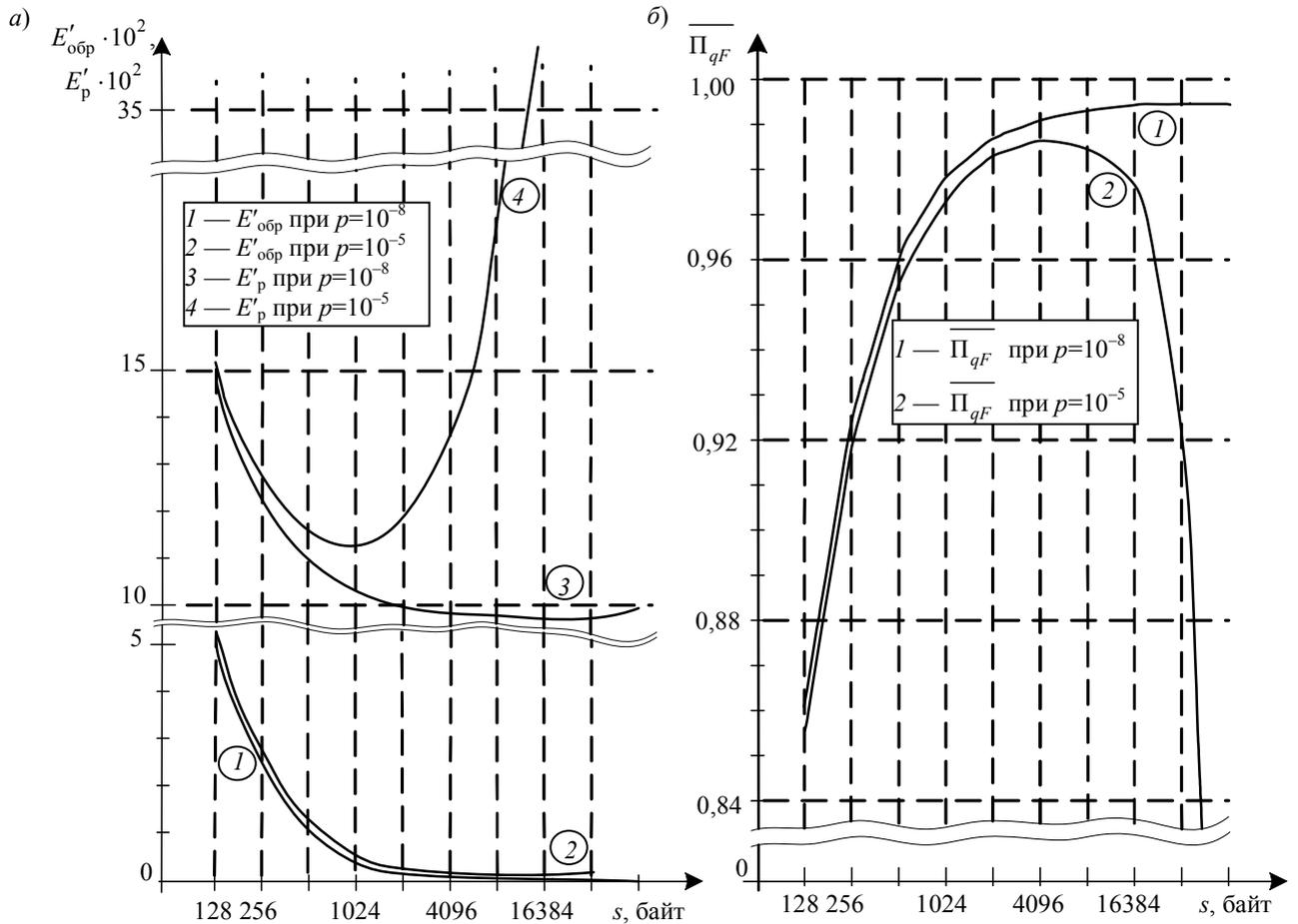


Рис. 2

Расчеты выполнялись при следующих исходных данных:  $N=20$ ,  $V=10^{10}$  бит/с,  $D_K=0,2$  км,  $\overline{T_{\text{доп}}}=0,2$  с,  $t_d=2 \cdot 10^{-6}$  с,  $\lambda_{\text{и}}=15$  пакетов/с,  $n_{\text{кв}}=32$  бит,  $F=65\,536$  байт,  $r_{\text{СИ}}=64$  байта. Данные зависимости (см. рис. 2, а) представлены в относительном виде, т.е.

$$E'_{\text{обр}} = E_{\text{обр}} / E_0, \quad E'_p = E_p / E_0,$$

где  $E_0$  — минимальное значение энергии, затрачиваемое на операцию (обработки или распространения); при указанных исходных данных за величину  $E_0$  принята энергия, затрачиваемая на обработку служебной информации при передаче пакетов разметом  $s = 65\,536$  байт.

Анализ результатов вычислений (см. рис. 2) показывает:

— качество канала (параметр  $p$ ) существенно влияет на энергопотребление ЛСПД; при определенных условиях существует такое значение  $s$ , при котором уровень потребления энергии минимален;

— оптимальные значения  $s$ , выбранные по критериям вероятности своевременной доставки пакетов и энергопотребления, не совпадают.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лянунов А. А. Проблемы теоретической и прикладной кибернетики. М.: Наука, 1980. С. 320—323.
2. Landauer R. Information is Physical // Proc. Workshop on Physics and Computation PhysComp'92 (IEEE Comp. Sci. Press). Los Alamitos, 1993. P. 1—4.
3. Винер Н. Кибернетика. М.: Сов. радио, 1968.
4. Двухуровневая модель информационного взаимодействия / Б. Я., Советов, М. О. Колбанёв, Т. М. Татарникова // Материалы VIII Санкт-Петербург. межрегион. конф. „Информационная безопасность регионов России“, 23—25 окт. 2013 г. СПб: СПОИСУ, 2013. С. 184—185.
5. Колбанёв М. О., Яковлев С. А. Модели и методы оценки характеристик обработки информации в интеллектуальных сетях связи. СПб: СПбГУ, 2002.
6. Landauer R. Irreversibility and heat generation in the computing process // IBM Journal of Research and Development. 1961. Vol. 5. P. 183—191.
7. Александров В. В., Кулешов С. В. Алгоритм и программа. Бит и джоуль. По пути прогресса — к новым достижениям: Сб. материалов / Под ред. Г. В. Анцева. СПб: Логос, 2006. С. 192—197.
8. Советов Б. Я., Колбанёв М. О., Татарникова Т. М. Оценка вероятности эрланговского старения информации // Информационно-управляющие системы. 2013. № 6. С. 25—28.
9. Суздальев А. В., Чугреев О. С. Передача данных в локальных сетях связи. М.: Радио и связь, 1987. 168 с.
10. Верзун Н. А. Модель пакетной передачи речи со сжатием в локальных сетях с интеграцией служб // Сети связи и распределение информации: Сб. науч. тр. учебных заведений связи. СПб: СПбГУТ, 1995. С. 45—49.

#### Сведения об авторах

**Михаил Олегович Колбанёв**

— д-р техн. наук, профессор; Санкт-Петербургский государственный экономический университет, кафедра прикладных информационных технологий; E-mail: mokolbanev@mail.ru

**Наталья Аркадьевна Верзун**

— канд. техн. наук, доцент; Санкт-Петербургский государственный экономический университет, кафедра прикладных информационных технологий; E-mail: dina\_25@hotmail.ru

**Александр Владимирович Омелян**

— канд. техн. наук, доцент; Санкт-Петербургский государственный экономический университет, кафедра прикладных информационных технологий; E-mail: omers27@mail.ru

Рекомендована кафедрой  
прикладных информационных  
технологий

Поступила в редакцию  
28.04.14 г.

Ю. Б. ГОЛОВКИН, А. С. ГУСАРЕНКО

## ПРИМЕНЕНИЕ НЕЧЕТКИХ ГИПЕРГРАФОВ В МОДЕЛЯХ ГЕНЕРАЦИИ WEB-КОМПОНЕНТОВ

Рассматриваются задачи формирования web-компонентов с использованием моделей генераторов кода на основе управляющих нечетких гиперграфов. Обсуждается описание динамических моделей гиперграфов при программировании web-систем, порталов и сайтов.

*Ключевые слова:* гиперграфы, XML-технологии, генерация кода, модель web-приложения, сервис, информационно-коммуникационные технологии.

**Введение.** Использование на предприятиях сервиса современных информационно-коммуникационных технологий позволяет существенно оптимизировать взаимоотношения бизнес-партнеров, упростить процесс их поиска и выбора, способствует заключению выгодных контрактов и повышению уровня обслуживания клиентов.

В современном мире практически любая известная компания имеет в сети Интернет свою web-страницу или сайт с подробной информацией о своей деятельности. Для повышения эффективности использования сайтов в интересах бизнеса первостепенной задачей становится управление web-контентом. Динамическое формирование web-компонентов позволяет обеспечить своевременный обмен информацией между бизнес-партнерами и совместное использование информационных ресурсов, способствует эффективному поиску нужной информации и проведению оперативного анализа в целях повышения эффективности управления предприятиями сервиса. Поэтому разработка моделей и программных средств для динамического формирования web-компонентов является важной задачей.

**Генерация кода программ.** В настоящее время глобальное информационное пространство обеспечивается множеством Интернет-приложений, инфраструктура которых расширилась за счет динамической обработки контента и представления информационного наполнения, соответствующего потребностям пользователей при управлении различными бизнес-процессами на основании гибких сценариев на сервере. Существенным недостатком моделей, которые используются для формирования web-компонентов, является отсутствие учета информации о текущем состоянии процесса, в результате чего каждая транзакция изолирована от предыдущих и последующих [1, 2]. Для устранения этого недостатка предлагается принцип построения web-систем, в основе которого лежит модель приложения, что позволяет рассматривать поведение системы при взаимодействии с пользователями как класс „ситуация — действие“, а также повышает скорость формирования компонентов [3—7].

В настоящей статье предлагается способ формирования настроек приложения и его архитектуры, а также генераторов кода в виде модели.

Модель представляет собой иерархическую конструкцию по управлению процессом создания приложения и отдельных его частей (форм, моделей, модулей). Для реализации моделей используется формат представления данных XML [8], который как нельзя лучше подходит для решения задач программирования управляющих моделей, поскольку легко описывает сложные структурные части систем. Для обработки программного кода XML-модели целесообразно использовать стандарты DOM всех уровней [8], поддержка которых реализована как на серверной, так и на клиентской стороне для создания асинхронных приложений. С использованием данной модели осуществляется поддержка приложений и их компонентов, так как код генерируется в соответствии с моделью, и для каких-либо изменений не требуется

менять строки кода самого компонента. Такой подход не требует высоких профессиональных качеств от системных аналитиков и проектировщиков.

**Иерархическая модель.** Иерархическая модель в графической нотации подобна схеме алгоритма. Модель может содержать источники данных, документы, динамические DOM-объекты, переходы в секторы и подчиненные модели. Для перехода по секторам и динамического подключения отдельных модулей, а также установки вероятностных нечетких отношений в гиперграфе предлагается специфицировать вероятностные характеристики как атрибуты какого-либо элемента гиперграфа.

Данная модель управления генерированием кода основана на применении графов в программировании [9]. С помощью графов модель оптимизируется, для того чтобы сократить количество дуг в управляющем графе. Управляющий граф несложно выделяется из основной модели (рис. 1, где *a* — глобальная динамическая модель; *б* — сектор „Компонент“).

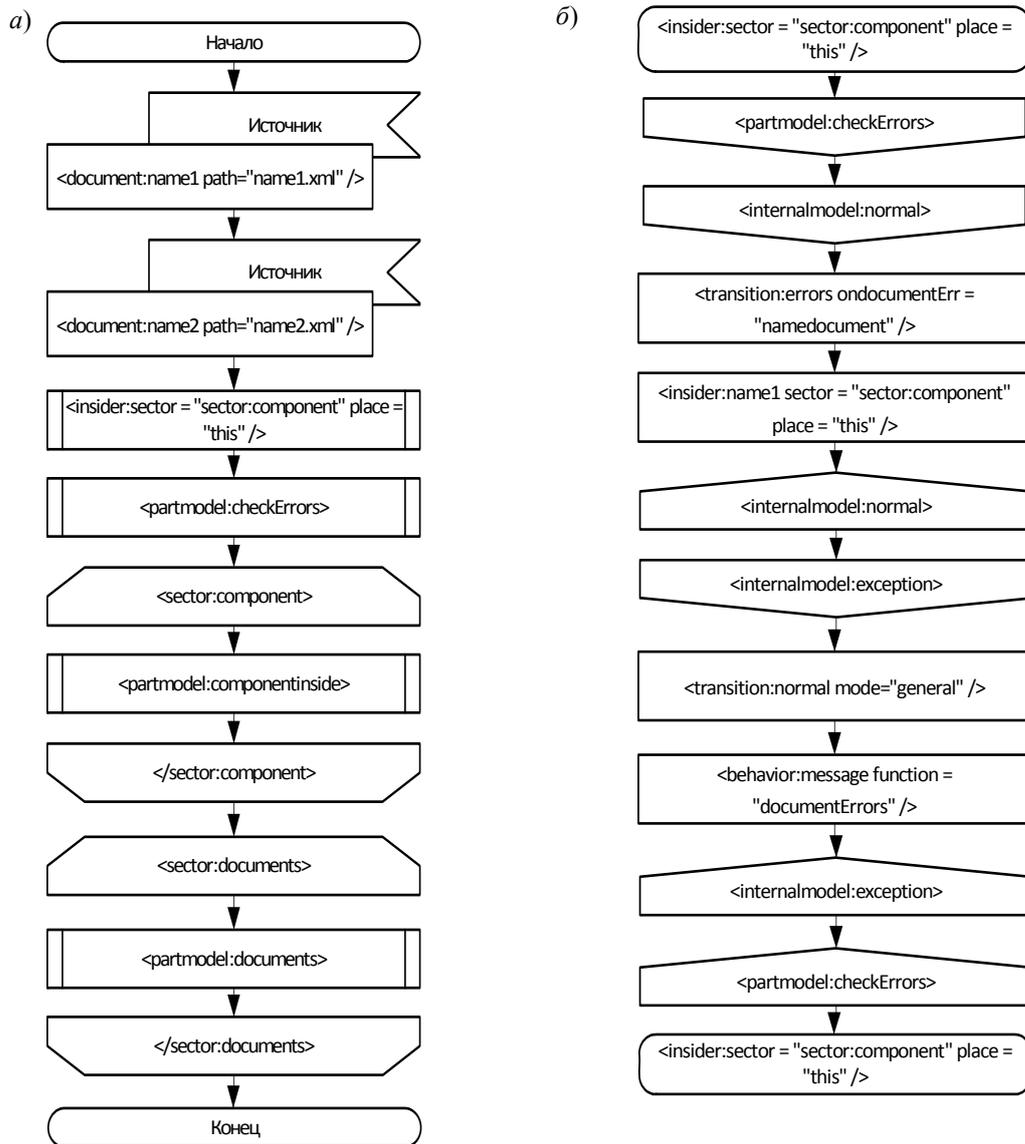


Рис. 1

Предлагается усовершенствовать и описать полученную модель в виде нечеткого гиперграфа (рис. 2, здесь *a* — глобальная модель web-приложения; *б* — сектор „Компонент“). Модель включает несколько составных частей, которые анализируются в процессе выполнения сценариев генерации кода с учетом влияния пользователя на процесс. Фрагменты моделей связаны между собой множественными отношениями и их совокупностями, загружать такие

модели выгоднее поэтапно. Инцидентность между моделями может быть нечеткой — это позволяет строить более сложные отношения между объектами модели по сравнению с моделями четкой инцидентности. Нечеткая инцидентность проявляется, когда с системой генерации кода работает пользователь или когда возникают факторы, которые невозможно учесть.

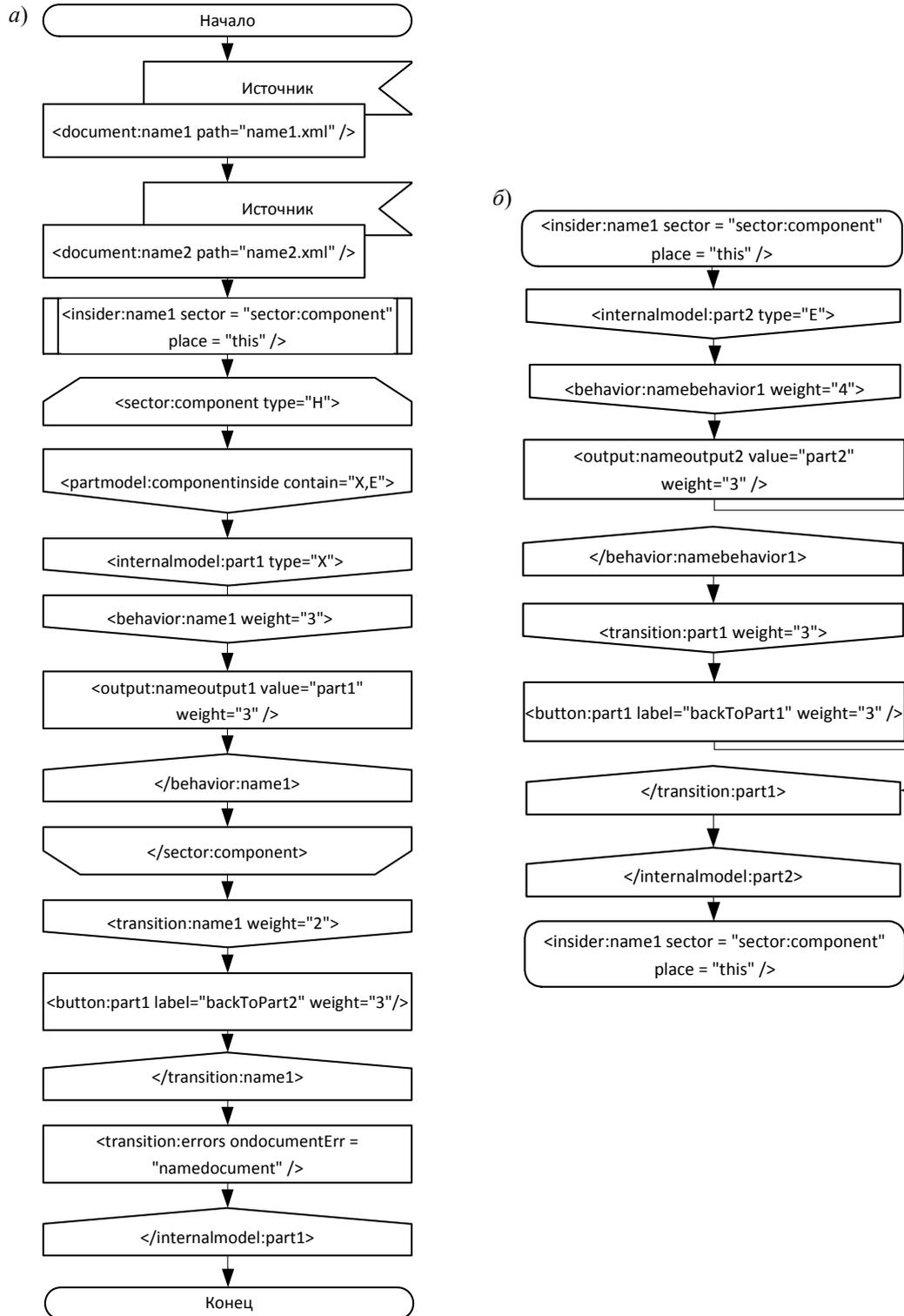


Рис. 2

**Нечеткие гиперграфы в модели.** Для того чтобы расширить модель нечеткими гиперграфами [10], следует определить способ представления системы с помощью нечетких гиперграфов, а также рассмотреть вопрос их эквивалентного представления. Далее необходимо выделить части нечеткого гиперграфа.

Сформулируем способ задания нечеткого гиперграфа. Нечеткий гиперграф  $\tilde{H} = (X, U, \tilde{P})$  задан, если заданы: множество  $X = \{x_i\}, i \in I = \{1, 2, \dots, n\}$ , называемое множеством вершин; множество  $U = \{u_j\}, j \in J = \{1, 2, \dots, m\}$ , называемое множеством ребер; двуместный нечеткий предикат, называемый нечетким инцидентором, который определяется для всех пар как  $(x, u), x \in X, u \in U$ , и принимает значения из интервала  $[0; 1]$ . Нечеткий инцидентор  $\tilde{P}$  порождает нечеткое множество  $F(\tilde{P}) = \{\mu_{F(P)}(x, u) / (x, u)\}, x \in X, u \in U$ , во множестве  $X \times U$ , где  $\mu_{F(P)}$  — функция принадлежности, определяющая для каждой пары  $(x, u)$  степень инцидентности  $\mu_{F(P)}(x, u)$  входящих в нее элементов гиперграфа. Множество  $F(\tilde{P})$  называется областью нечеткой истинности нечеткого инцидентора  $\tilde{P}$ .

Эквивалентным способом задания нечеткого гиперграфа  $\tilde{H} = (X, U, \tilde{P})$  является матрица  $\tilde{R}_H = \|r_{ij}\|_{n \times m}$ , где  $r_{ij} = \mu_{F(P)}, x_i \in X, u_j \in U$ , называемая матрицей нечеткой инцидентности.

**Представление систем нечеткими гиперграфами.** Нечеткий гиперграф  $\tilde{H} = (X, U, \tilde{P})$  представляет собой совокупность нечетких ситуаций, описывающих объект управления при решении задач вида „класс ситуаций — действие“, если множество этих ситуаций обозначить как  $X = \{x_i\}, i \in I = \{1, 2, \dots, n\}$ ; множество значений лингвистических переменных, характеризующих базовое множество признаков, которыми ситуации  $x \in X$  обладают в той или иной степени, обозначить как  $U = \{u_j\}, j \in J = \{1, 2, \dots, m\}$ , и положить, что двуместный нечеткий инцидентор  $\tilde{P}$  определяет степень инцидентности для всех пар  $(x, u), x \in X, u \in U$ , т.е. между каждой ситуацией и каждым значением. Таким образом, в матрице инцидентности  $\tilde{R}_H$  каждая нечеткая ситуация  $x_i \in X$  отображается строкой  $x_i$ .

В случае если необходимо проанализировать систему, заданную в виде совокупности нечетких ситуаций, время от времени возникают задачи их классификации, а также построения отношений между ними и анализа структуры гиперграфа в целях планирования поиска требуемых ситуаций и декомпозиции множества ситуаций на группы.

При принятии решений в данных условиях естественно представляется равнозначность по отношению к целям и ограничениям, которая устраняет различия между ними. При этом нечеткий гиперграф  $\tilde{H} = (X, U, \tilde{P})$  представляет собой совокупность целей и ограничений, если положить, что  $X = \{x_i\}, i \in I$ , определяет заданное множество альтернатив, а множество  $U = U_1 \cup U_2$  определяет совокупность целей и ограничений, где  $U_1 = \{u_j\}, j \in J_1$ , — множество нечетких целей,  $U_2 = \{u_k\}, k \in J_2$ , — множество нечетких ограничений. Нечеткий инцидентор  $\tilde{P}$  задает степень инцидентности между  $x_i \in X$  (альтернативой) и  $u_i \in U$  (целью или ограничением). В матрице  $\tilde{R}_H$  каждая нечеткая цель  $u_j \in U_1$  и каждое ограничение  $u_k \in U_2$  представляются соответствующим столбцом. Принятие решения в этом случае сводится к выполнению теоретико-множественных операций на множестве элементов гиперграфа и, при необходимости, к поиску некоторых его экстремальных характеристик. В случае когда цели и ограничения — нечеткие множества в разных пространствах  $X$  и  $Y$ , при помощи соответствия  $f: X \rightarrow Y$ , которое также может быть нечетким, они могут быть сведены в одно пространство и заданы нечетким гиперграфом. При этом следует заметить, что нечеткое со-

ответствие  $\tilde{f}: X \rightarrow Y$  представляется нечетким гиперграфом  $\tilde{H} = (X, U, \tilde{P})$ , если положить, что нечеткий граф нечеткого соответствия и область истинности нечеткого инцидентора  $\tilde{P}$  совпадают. Отсюда следует, что различные нечеткие системы инциденций, особенно с участием пользователей, такие как „пользователи — задачи“, иерархические системы управления и операционно-технологические системы с участием человека, могут быть представимы неориентированными нечеткими гиперграфами. Анализ и синтез таких систем может быть сведен к выполнению последовательностей теоретико-множественных алгебраических операций, исследованию их структурных свойств, выявлению экстремальных характеристик.

**Пример определения нечеткого гиперграфа.** Пусть

$$X = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6\}, U = \{u_1, u_2, u_3, u_4, u_5\},$$

$$F(\tilde{P}) = \{ \langle 0,4 / (x_1, u_3) \rangle, \langle 0,1 / (x_1, u_4) \rangle, \langle 1 / (x_2, u_2) \rangle, \langle 0,7 / (x_2, u_3) \rangle, \langle 1 / (x_2, u_4) \rangle, \langle 0,8 / (x_2, u_5) \rangle, \langle 0,2 / (x_3, u_1) \rangle, \langle 1 / (x_3, u_2) \rangle, \langle 0,7 / (x_3, u_5) \rangle, \langle 0,7 / (x_4, u_1) \rangle, \langle 1 / (x_5, u_1) \rangle, \langle 0,6 / (x_5, u_4) \rangle, \langle 0,3 / (x_5, u_5) \rangle, \langle 0,8 / (x_6, u_3) \rangle, \langle 1 / (x_6, u_4) \rangle \}.$$

При этом  $\tilde{H} = (X, U, \tilde{P})$  является нечетким гиперграфом с матрицей нечеткой инцидентности

$$\begin{array}{c|ccccc} & u_1 & u_2 & u_3 & u_4 & u_5 \\ \hline x_1 & 0 & 0 & 0,4 & 0,1 & 0 \\ x_2 & 0 & 1 & 0,7 & 1 & 0,8 \\ x_3 & 0,2 & 1 & 0 & 0 & 0,7 \\ x_4 & 0,7 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ x_5 & 1 & 0 & 0 & 0,6 & 0,3 \\ x_6 & 0 & 0 & 0,8 & 1 & 0 \end{array}.$$

**Пример альтернативного определения нечеткого гиперграфа.** Нечеткий гиперграф, рассмотренный выше, может быть задан в виде

$$\tilde{H} = (X, E),$$

где

$$\begin{aligned} X &= \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6\}, E = \{\tilde{e}_1, \tilde{e}_2, \tilde{e}_3, \tilde{e}_4, \tilde{e}_5\}, \\ \tilde{e}_1 &= \{ \langle 0,2 / x_3 \rangle, \langle 0,7 / x_4 \rangle, \langle 1 / x_5 \rangle \}, \\ \tilde{e}_2 &= \{ \langle 1 / x_2 \rangle, \langle 1 / x_3 \rangle \}, \\ \tilde{e}_3 &= \{ \langle 0,4 / x_1 \rangle, \langle 0,7 / x_2 \rangle, \langle 0,8 / x_6 \rangle \}, \\ \tilde{e}_4 &= \{ \langle 0,1 / x_1 \rangle, \langle 1 / x_2 \rangle, \langle 0,6 / x_5 \rangle, \langle 1 / x_6 \rangle \}, \\ \tilde{e}_5 &= \{ \langle 0,8 / x_2 \rangle, \langle 0,7 / x_3 \rangle, \langle 0,3 / x_5 \rangle \}. \end{aligned}$$

Нечеткий гиперграф

$$\tilde{H}^* = (U, L),$$

где

$$\begin{aligned} U &= \{u_1, u_2, u_3, u_4, u_5\}, L = \{ \tilde{l}_1, \tilde{l}_2, \tilde{l}_3, \tilde{l}_4, \tilde{l}_5, \tilde{l}_6 \}, \\ \tilde{l}_1 &= \{ \langle 0,4 / u_3 \rangle, \langle 0,1 / u_4 \rangle \}, \\ \tilde{l}_2 &= \{ \langle 1 / u_2 \rangle, \langle 0,7 / u_3 \rangle, \langle 1 / u_4 \rangle, \langle 0,8 / u_5 \rangle \}, \end{aligned}$$

$$\tilde{l}_3 = \{\langle 0, 2 / u_1 \rangle, \langle 1 / u_2 \rangle, \langle 0, 7 / u_5 \rangle\},$$

$$\tilde{l}_4 = \{\langle 0, 7 / u_1 \rangle\},$$

$$\tilde{l}_5 = \{\langle 1 / u_1 \rangle, \langle 0, 6 / u_4 \rangle, \langle 0, 3 / u_5 \rangle\},$$

$$\tilde{l}_6 = \{\langle 0, 8 / u_3 \rangle, \langle 1 / u_4 \rangle\},$$

является двойственным гиперграфу  $\tilde{H}$ .

Для гиперграфа  $\tilde{H}$  степени вершин и ребер составляют:

$$p(x_1) = 2, p(x_2) = 4, p(x_3) = 3, p(x_4) = 1, p(x_5) = 3, p(x_6) = 2,$$

$$p(u_1) = 3, p(u_2) = 2, p(u_3) = 3, p(u_4) = 4, p(u_5) = 3.$$

Максимальные степени вершин и ребер соответственно равны

$$\mu(x_1) = 0, 4, \mu(x_2) = 1, \mu(x_3) = 1, \mu(x_4) = 0, 7, \mu(x_5) = 1, \mu(x_6) = 1,$$

$$\mu(u_1) = 1, \mu(u_2) = 1, \mu(u_3) = 0, 8, \mu(u_4) = 1, \mu(u_5) = 0, 8.$$

**Определение нечеткого гиперграфа в модели генерации программного кода.** Для определения нечеткого гиперграфа в модели генерирования программного кода и секторах необходимо учитывать навигацию и обозначения секторов, а также указывать, является ли часть данного конкретного участка модели ее составным фрагментом или фрагментом дочерней модели. Для этого определяются сами гиперграфы с помощью меток  $H(\text{type}=\text{“H”})$ . При определении подчиненных моделей для вышестоящих модульных моделей отмечаются множества, которые входят в данный гиперграф, это также выполняется с помощью атрибутов модели.

Вероятностные характеристики задаются с помощью атрибутов “weight”. Любые другие настройки, которые необходимы проектировщику, следует специфицировать в атрибутах. Сами по себе вероятностные характеристики ничего не определяют, если, конечно, отсутствуют инструментарий и метод для анализа модели с учетом атрибутивных спецификаций и классификаций ситуаций. Для анализа модели создается устройство, к которому предъявляются требования по обработке древовидных структур. Для обработки древовидных структур [11] создана спецификация DOM, позволяющая анализировать и генерировать код.

**Заключение.** Итак, установлено, что модель генерации web-компонентов целесообразно строить в древовидном виде и определять нечеткие гиперграфы, что вполне совместимо со структурной нотацией, описываемой форматом XML. Для учета случайной составляющей системы, которая будет непосредственно взаимодействовать с пользователем, следует задавать модели гиперграфов. Это является важной задачей, так как пользователь в одной и той же ситуации может вести себя по-разному. Для динамического построения и обработки модели проектировщику может потребоваться часть системы, например контроллер. Контроллер реализуется на том же языке программирования, что и сама система. Функцией контроллера является генерирование кода и переходов по модели. В случае если модель предназначена для работы с потоком информации, то данные в формате XML могут ранжироваться в соответствии с нечетким графом, а данные, запрошенные наибольшее количество раз, могут дополнительно загружаться в память автоматически при срабатывании перехода к очередному состоянию.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Миронов В. В., Маликова К. Э. Интернет-приложения на основе встроенных динамических моделей // Вестн. УГАТУ: науч. журн. Уфимск. гос. авиац. техн. ун-та. 2009. Т. 13, № 2.
2. Миронов В. В., Юсупова Н. И., Шакирова Г. Р. Иерархические модели данных: концепции и реализация на основе XML. М.: Машиностроение, 2011.

3. Головкин Ю. Б., Гусаренко А. С. Информационная система кредитования юридических лиц в банке // Актуальные инновационные исследования: наука и практика. 2010. № 3.
4. Головкин Ю. Б., Миронов В. В., Юсупова Н. И. Об алгоритмах управления по состоянию ситуации // Управление сложными техническими системами: Межвуз. науч. сб. Уфа: УАИ, 1985. № 8.
5. Головкин Ю. Б., Миронов В. В., Юсупова Н. И. Об автоматной модели ситуационного управления // Управление сложными техническими системами: Межвуз. науч. сб. Уфа: УАИ, 1987. № 10.
6. Tatarnikova T., Kolbanev M. Statement of a task corporate information networks interface centers structural synthesis // IEEE EUROCON 2009. St. Petersburg, 2009. P. 1883—1887.
7. Богатырев В. А. Надежность и эффективность резервированных компьютерных сетей // Информационные технологии. 2006. № 9. С. 25—30.
8. Гусаренко А. С. Управление XML-данными на основе динамических DOM-объектов // Перспективы развития информационных технологий: Сб. материалов 6-й Междунар. науч.-практ. конф. Новосибирск: Сибпринт, 2011. С. 103—108.
9. Пуха Г. П. Современное высокоуровневое и объектно-ориентированное программирование. СПб: СПбГУСЭ, 2013.
10. Зоболотский В. П., Оводенко А. А., Степанов А. Г. Математические модели в управлении: Учеб. пособие. СПб: СПбГУАП, 2001. 196 с.
11. Богатырев В. А., Богатырев С. В., Богатырев А. В. Оптимизация древовидной сети с резервированием коммутационных узлов и связей // Телекоммуникации. 2013. № 2. С. 42—48.

**Сведения об авторах**

- Юрий Борисович Головкин** — канд. техн. наук, доцент; Санкт-Петербургский государственный экономический университет, кафедра прикладных информационных технологий;  
E-mail: comparif@rambler.ru
- Артем Сергеевич Гусаренко** — канд. техн. наук; Уфимский государственный авиационный технический университет, кафедра автоматизированных систем управления; ассистент;  
E-mail: artyomgusarenko@gmail.com

Рекомендована кафедрой  
прикладных информационных  
технологий

Поступила в редакцию  
28.04.14 г.

В. А. БОГАТЫРЕВ, А. В. БОГАТЫРЕВ, С. В. БОГАТЫРЕВ

## ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАПРОСОВ МЕЖДУ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫМИ КЛАСТЕРАМИ ПРИ ИХ ДЕГРАДАЦИИ

Предложена модель многокластерной системы и определены оптимальные доли запросов, перераспределяемых через сеть между кластерами в процессе их деградации при различной организации распределения запросов.

*Ключевые слова:* отказоустойчивость, распределение запросов, кластер, оптимизация, среднее время пребывания запросов.

**Введение.** Высокая отказоустойчивость, надежность, производительность и защищенность распределенных компьютерных систем, в том числе в сфере сервиса, достигается в результате резервирования и кластеризации ресурсов при оптимизации вычислительного процесса с использованием аппарата теорий массового обслуживания, надежности и принятия решений [1—5].

В распределенных вычислительных системах, в том числе в центрах коммутации, хранения и обработки данных [6—12], объединяющих ряд кластеров, консолидация ресурсов, высокая надежность и производительность может поддерживаться в результате перераспределения запросов внутри кластеров и между ними [12, 13]. Исследования эффективности межкластерного перераспределения запросов, в частности при изменяющейся интенсивности потока запросов, приведенные в работах [14—16], ограничены разделением кластеров на две группы, причем запросы, поступающие в кластеры первой группы, могут перераспределяться через сеть в общедоступные кластеры, относящиеся ко второй группе. Перераспределение запросов к кластерам второй группы и между кластерами первой группы не предусматривается даже в процессе деградации (накопления отказов) системы.

**Объект и задачи исследования.** Рассмотрим распределенную компьютерную систему, содержащую два кластера из  $n$  и  $m$  узлов, соединенные через сеть, которая в исходном состоянии (без накопления отказов) содержит  $L$  резервированных коммутационных узлов, работающих в режиме разделения нагрузки. Запросы, поступающие в первый кластер с интенсивностью  $\lambda$ , через сеть могут перераспределяться на обслуживание во второй кластер, в который также непосредственно или через сеть поступает отдельный входной поток запросов с интенсивностью  $\beta\lambda$ , при этом возможно перераспределение запросов к второму кластеру в первый.

Цель исследования — построение модели и оптимизация процесса перераспределения запросов между кластерами, направленного на снижение отрицательных последствий роста задержек запросов при накоплении отказов узлов кластеров.

В рамках проводимых исследований решаются следующие задачи:

— построение модели массового обслуживания, отражающей перераспределения запросов через сеть при накоплении отказов с учетом возможности перераспределения запросов между любыми кластерами;

— определение системы влияния долей перераспределяемых через сеть запросов на среднее время их пребывания в системе при обеспечении балансировки нагрузки узлов различных кластеров и при минимизации задержек обслуживания запросов, поступающих в различные кластеры;

— определение оптимальных долей запросов, перераспределяемых через сеть между кластерами в процессе их деградации при различной организации распределения запросов

с учетом достижения компромисса по снижению среднего времени пребывания запросов, формируемых в различных кластерах.

**Модель перераспределения запросов к одному кластеру.** Среднее время пребывания запросов при перераспределении их  $g$ -й доли через сеть только от одного кластера, при исправности  $i$  и  $j$  узлов в первом и втором кластерах и в случае исправности  $l$  коммутационных узлов на основе модифицированной модели [14] вычисляется как

$$T_1 = g_{ij} \left( \frac{v_0}{1 - g_{ij} \lambda v_0 / i} \right) + (1 - g_{ij}) \left[ \frac{2v_1}{1 - ((1 - g_{ij}) + b) 2\lambda v_1 / l} + \frac{v_0}{1 - ((1 - g_{ij}) + \beta) \lambda v_0 / j} \right], \quad (1)$$

где  $v_0$  — среднее время выполнения запроса в узле кластера;  $v_1$  — среднее время обслуживания запроса через сеть;  $1 - g_{ij}$  — доля запросов к первому кластеру, перераспределяемых через сеть во второй кластер; если запросы, предназначенные для обслуживания во втором кластере, поступают в него через сеть, то  $b = \beta$ , если же они поступают во второй кластер непосредственно, то  $b = 0$ .

Эффективность перераспределения запросов во многом определяется выбором правил перераспределения. Рассмотрим вариант определения доли перераспределяемых запросов, исходя из баланса загруженности серверов с учетом числа исправных узлов в обоих кластерах. Перераспределение от первого кластера во второй при условии исправности в них  $i$  и  $j$  узлов обеспечивает баланс нагрузки, если  $(g_{ij} / i) \leq ((1 - g_{ij}) + \beta) / j$ , откуда  $g_{ij} = i(1 + \beta) / (i + j)$ , если  $i(1 + \beta) / (i + j) \leq 1$ , иначе  $g_{ij} = 1$ .

Среднее время пребывания запросов, поступающих в первый кластер ( $T_1$ ), а затем перераспределяемых во второй кластер с вероятностью  $1 - g_{ij}$ , вычисляется по формуле (1). Среднее время пребывания запросов, поступающих во второй кластер непосредственно ( $T_2$ ) либо через сеть ( $T_{21}$ ), вычисляется соответственно как

$$T_2 = \frac{v_0}{1 - ((1 - g_{ij}) + \beta) \lambda v_0 / j}, \quad T_{21} = \frac{2v_1}{1 - (2\lambda v_1 / l)(1 - g_{ij} + \beta)} + \frac{v_0}{1 - (\lambda v_0 / j)(1 - g_{ij} + \beta)}.$$

Определим доли перераспределяемых запросов к первому кластеру, исходя из минимизации среднего времени их пребывания. В этом случае для каждого числа работоспособных узлов в первом и втором кластерах определяется оптимальное значение  $1 - g_{ij}$ . При минимизации средних задержек запросов к первому кластеру по критерию  $\min(T_1)$  требуется учесть ограничения

$$(g_{ij} \lambda v_0 / i < 1) \wedge (((1 - g_{ij}) + \beta) 2\lambda v_1 / l < 1) \wedge (((1 - g_{ij}) + \beta) \lambda v_0 / j < 1). \quad (2)$$

Приведенный критерий не предусматривает минимизацию среднего времени пребывания запросов, первоначально адресуемых во второй кластер. При необходимости компромисса по минимизации среднего времени пребывания запросов, направляемых в первый и второй кластеры (с возможным перераспределением запросов только от первого ко второму кластеру), оптимизация проводится по аддитивному критерию  $A = \min(\alpha T_1 + (1 - \alpha) T_2)$  при ограничениях (2); коэффициенты  $\alpha$  и  $(1 - \alpha)$ ,  $0 \leq \alpha \leq 1$ , определяются критичностью задержек запросов, первоначально направляемых в первый и второй кластеры.

**Модель перераспределения запросов к двум кластерам.** Если предполагается возможность перераспределения запросов к первому и второму кластерам, то среднее время пребывания запросов, направляемых в оба кластера, вычисляется как

$$T_1 = \frac{g_{ij}v_0}{1 - (g_{ij} + (1 - d_{ij})\beta)\lambda v_0 / i} +$$

$$+ (1 - g_{ij}) \left[ \frac{2v_1}{1 - ((1 - g_{ij}) + (1 - d_{ij})\beta)2\lambda v_1 / l} + \frac{v_0}{1 - ((1 - g_{ij}) + \beta d_{ij})\lambda v_0 / j} \right];$$

$$T_2 = \frac{d_{ij}v_0}{1 - (\beta d_{ij} + (1 - g_{ij}))\lambda v_0 / j} +$$

$$+ (1 - d_{ij}) \left[ \frac{2v_1}{1 - ((1 - g_{ij}) + (1 - d_{ij})\beta)2\lambda v_1 / l} + \frac{v_0}{1 - ((1 - d_{ij})\beta + g_{ij})\lambda v_0 / i} \right],$$

где  $1 - d_{ij}$  — доля запросов ко второму кластеру, перераспределяемых через сеть.

Оптимизация проводится по аддитивному критерию  $A$  при условии

$$\left( (g_{ij} + (1 - d_{ij})\beta)\lambda v_0 / i < 1 \right) \wedge \left( ((1 - g_{ij}) + (1 - d_{ij})\beta)2\lambda v_1 / l < 1 \right) \wedge \left( ((1 - g_{ij}) + \beta d_{ij})\lambda v_0 / j < 1 \right). \quad (3)$$

**Примеры оптимизации.** Для случая перераспределения запросов только к первому кластеру определим оптимальную долю перераспределяемых через сеть запросов в зависимости от числа  $i$  сохранных после отказов узлов и исправности  $j=m=10$  узлов второго кластера. Оптимизация проводится по аддитивному критерию  $A$  при условии (3). Для оптимизации в системе компьютерной математики MathCAD 15 воспользуемся блоком “Given — Minimize (T, g)”. При расчетах предположим, что  $n=10$ ,  $m=10$ ,  $v_0 = 0,15$  с,  $v_1 = 0,01$  с,  $\beta = 0,6$ ,  $\lambda = 15 \text{ с}^{-1}$ ,  $\alpha = 0,6$  с. Результаты расчетов представлены на рис. 1, где кривая 1 соответствует оптимальной доли запросов, выполняемых первым кластером, без их перераспределения через сеть, при  $j=10$ ; 2 — среднему времени пребывания запросов, поступающих в первый кластер и перераспределяемых на обслуживание во второй кластер с вероятностью  $(1 - g_{ij})$ ; 3 и 4 — среднему времени пребывания запросов, поступающих в первый кластер, при их перераспределении во второй кластер с вероятностями  $(1 - g)=0,2$  и  $(1 - g)=0$  соответственно без учета реального числа отказавших узлов; 5 — среднему времени пребывания  $T_2$  запросов во втором кластере при оптимальной доле  $(1 - g_{ij})$  перераспределяемых запросов; 6 и 7 — среднему времени  $T_2$  при  $(1 - g)=0,2$  и  $(1 - g)=0$  соответственно.

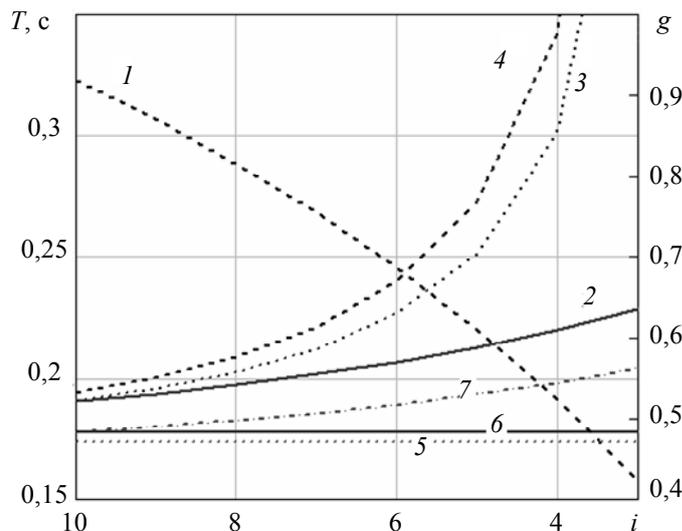


Рис. 1

Для случая перераспределения запросов к двум кластерам определим оптимальные доли перераспределяемых через сеть запросов в зависимости от числа  $i$  узлов, сохранных после

отказов узлов первого кластера. Результаты расчетов для  $\nu_0 = 0,15$  с,  $\nu_1 = 0,01$  с,  $\beta = 0,5$ ,  $\lambda = 15$  с<sup>-1</sup>,  $\alpha = 0,5$  с представлены на рис. 2, где кривые 1 и 2 соответствуют оптимальным долям запросов, выполняемых первым и вторым кластерами, без их перераспределения через сеть, при работоспособности  $j=5$  узлов второго кластера; установлено, что при  $j=10$  и  $\beta=0,5$  перераспределение от второго кластера нецелесообразно, а оптимальной доли запросов, выполняемых первым кластером без их перераспределения через сеть, соответствует кривая 3; зависимости  $T(i)$  для запросов, поступающих в первый и второй кластеры, при  $j=10$  соответствуют кривые 4, 5, а при  $j=5$  — кривые 6, 7.

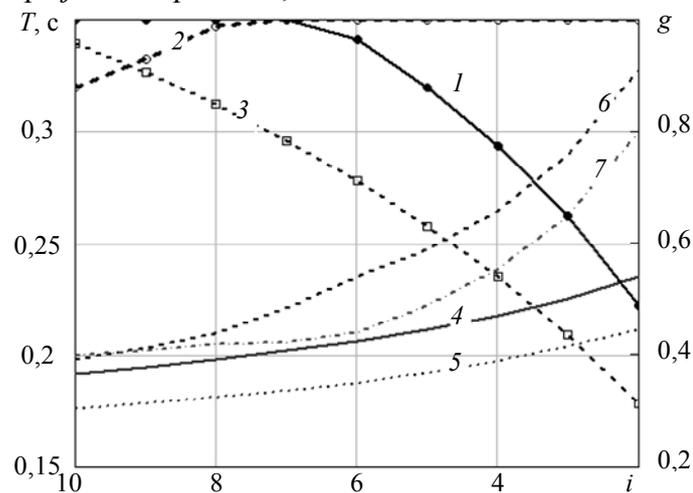


Рис. 2

**Заключение.** Предложена модель многокластерной системы с перераспределением запросов между кластерами через сеть, учитывающая процесс деградации системы при накоплении отказов. Проведенные расчеты подтверждают эффективность использования межкластерного перераспределения запросов в целях снижения влияния накопления отказов на увеличение задержек обслуживания запросов в системе кластеров.

Приведенные результаты показывают наличие оптимальной доли запросов, перераспределяемых через сеть, при ее зависимости от соотношения отказавших узлов различных кластеров. Установлено, что при изменении соотношения числа отказавших узлов требуется соответствующее адаптивное изменение долей перераспределяемых запросов, причем отклонение этих величин от оптимальных значений приводит к росту задержек обслуживания запросов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колбанёв М. О., Татарникова Т. М., Воробьёв А. И. Модель обработки клиентских запросов // Телекоммуникации. 2013. № 9. С. 42—47.
2. Пуха Г. П. Методология формирования и реализации систем интеллектуальной поддержки принятия решений. СПб: СММО-Пресс, 2012. 337 с.
3. Попова Е. В. Выбор варианта системы защиты информации по критерию обеспечения конкурентоспособности предприятия // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2014. № 2 (90). С. 150—160.
4. Головкин Ю. Б., Миронов В. В., Ахметшин Р. Р. Концепция объектно-ориентированных иерархических ситуационных моделей автоматизированного управления // Управление сложными техническими системами: Межвуз. науч. сб. Уфа: УГАТУ, 2000.
5. Щеглов К. А., Щеглов А. Ю. Способ задания и хранения прав доступа субъектов к файловым объектам // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2013. № 12. С. 45—49.
6. Колбанёв М.О., Татарникова Т.М., Воробьёв А.И. Модель балансировки нагрузки в вычислительном кластере центра обработки данных // Информационно-управляющие системы. 2012. Т. 3. № 58. С. 37—41.

7. Колбанёв М. О., Нестеренко В. Д., Воробьёв А. И. Анализ характеристик инфокоммуникационной системы с неординарным потоком заявок на обслуживание // Тр. учебных заведений связи. 2006. № 175. С. 81—92.
8. Богатырев В. А. Ускоренный метод децентрализованного кодового управления множественным доступом с контролем канала // Управляющие системы и машины. 2000. № 1. С. 92—96.
9. Поляков В. И., Немолочнов О. Ф., Зыков А. Г., Меженин А. В. Неравенства-отношения и выбор альтернативных решений управления вычислительными процессами // Информационные технологии. 2012. № 5. С. 16—19.
10. Поляков В. И., Скорубский В. И. Преобразование моделей алгоритмов // Изв. вузов. Приборостроение. 2012. Т. 55, № 10. С. 41—46.
11. Коришунов И. Л., Котельникова В. Н., Уткин В. В. Структура и основные направления деятельности сетевого ресурсного центра для обучения персонала сферы Олимпийского гостеприимства в г. Сочи // Современные технологии обучения персонала для сферы обслуживания крупномасштабных мероприятий. СПб: СПбГУСЭ, 2012. С. 242—267.
12. Богатырев В. А. К оценке эффективности динамического распределения запросов в отказоустойчивых управляющих вычислительных системах // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2002. № 9. С. 10—12.
13. Богатырев В. А. К сегментации магистрали многомашинных вычислительных систем динамического распределения запросов // Электронное моделирование. 1995. № 2. С. 27—32.
14. Bogatyrev V. A., Bogatyrev S. V., Golubev I. Yu. Optimization and the process of task distribution between computer system clusters // Automatic Control and Computer Sciences. 2012. N 3. P. 103—111.
15. Богатырев В. А., Богатырев С. В., Богатырев А. В. Функциональная надежность вычислительных систем с перераспределением запросов // Изв. вузов. Приборостроение. 2012. Т. 55, № 10. С. 53—57.
16. Богатырев В. А., Богатырев А. В., Голубев И. Ю., Богатырев С. В. Оптимизация распределения запросов между кластерами отказоустойчивой вычислительной системы // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2013. № 3 (85). С. 77—82.

#### *Сведения об авторах*

- |   |  |
|---|--|
| <b>Владимир Анатольевич Богатырев</b>   | — д-р техн. наук, профессор; Университет ИТМО, кафедра вычислительной техники, Санкт-Петербург; Санкт-Петербургский государственный экономический университет, кафедра прикладных информационных технологий;<br>E-mail: Vladimir.bogatyrev@gmail.com |
| <b>Анатолий Владимирович Богатырев</b>  | — аспирант; Университет ИТМО, кафедра вычислительной техники, Санкт-Петербург; E-mail: Vladimir.bogatyrev@gmail.com  |
| <b>Станислав Владимирович Богатырев</b> | — ООО АйТи Хаус, Санкт-Петербург; главный инженер;<br>E-mail: Vladimir.bogatyrev@gmail.com   |

Рекомендована кафедрой  
прикладных информационных  
технологий СПбГЭУ

Поступила в редакцию  
28.04.14 г.

В. А. БОГАТЫРЕВ, А. В. БОГАТЫРЕВ

## УТОЧНЕННАЯ ГРАНИЧНАЯ ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ СТРУКТУРНО СЛОЖНЫХ СИСТЕМ ПРИ КОМПОЗИЦИИ МЕТОДОВ ЭЗАРИ — ПРОШАНА И ЛИТВАКА — УШАКОВА

Предложен вариант уточнения граничной приближенной оценки надежности структурно-сложных систем на основе комбинации нижних и верхних приближений Эзари — Прошана и Литвака — Ушакова.

**Ключевые слова:** граничное приближение, надежность, минимальные пути, минимальные сечения, приближение Эзари — Прошана, приближение Литвака — Ушакова.

При оценке надежности сложных систем, структурная модель которых не сводится к параллельно-последовательному соединению элементов, эффективным является использование граничных приближений по методам Эзари — Прошана [1—3] и Литвака — Ушакова [2—4].

Известно, что для высоконадежных систем большую точность дает приближение Эзари — Прошана, а для менее надежных систем — приближение Литвака — Ушакова [2—4]. При этом погрешность верхнего и нижнего приближений определяется по их разности с точной оценкой надежности систем. Если точная оценка надежности системы неизвестна (а именно в этом случае используются граничные приближения), то для метода Эзари — Прошана погрешность нижнего приближения по методу минимальных сечений может быть вычислена как разность с его верхним приближением по методу минимальных путей. Аналогично погрешность нижнего приближения Литвака — Ушакова по минимальным путям определяется как разность с его верхним приближением по минимальным сечениям. Такая оценка погрешности является пессимистической и имеет низкую точность.

Цель исследований, описываемых в настоящей статье, — уточнение граничной оценки надежности структурно сложных систем и определение ее погрешности на основе комбинации приближений Эзари — Прошана и Литвака — Ушакова.

Уточнение граничной приближенной оценки надежности предполагает определение нижних и верхних границ на основе известных методов Эзари — Прошана и Литвака — Ушакова с выбором варианта нижнего приближения  $RT$ , обеспечивающего большее значение надежности, и верхнего приближения  $Y$ , дающего ее меньшее значение:

$$RT = \begin{cases} LP, & \text{если } ES \leq LP; \\ ES, & \text{если } ES > LP; \end{cases} \quad Y = \begin{cases} EP, & \text{если } EP \leq LS; \\ LS, & \text{если } EP > LS, \end{cases}$$

где  $LP$  — приближение Литвака — Ушакова по минимальным путям;  $ES$  — приближение Эзари — Прошана по минимальным сечениям;  $EP$  — приближение Эзари — Прошана по минимальным путям;  $LS$  — приближение Литвака — Ушакова по минимальным сечениям.

Погрешность нижнего приближения для комбинированного метода Эзари — Прошана и Литвака — Ушакова оценивается по разности  $DB = Y - RT$ .

Отличие уточненного граничного приближения при композиции данных методов состоит в том, что при нижней оценке Эзари — Прошана в качестве верхней оценки может использоваться приближение Литвака — Ушакова. Соответственно для нижней границы Литвака — Ушакова верхняя граница может быть приближением Эзари — Прошана.

Для примера проанализируем надежность мостиковой схемы, в которой минимальные пути и сечения представлены множествами:  $A = \{\{1,2\}, \{3,4\}, \{1,5,4\}, \{2,5,3\}\}$  и  $B = \{\{1,3\}, \{2,4\}, \{1,5,4\}, \{2,5,3\}\}$  (см. работы [2—4]).

При равной надежности элементов схемы [2—4]

$$EP = 1 - (1 - p^2)^2 (1 - p^3)^2,$$

$$ES = 1 - (1 - q^2)^2 (1 - q^3)^2,$$

$$LP = \max \{1 - (1 - p^2)^2, p^3\},$$

$$LS = \min \{1 - (1 - q^2), (1 - q^3)\},$$

где  $p = \exp(-\lambda t)$ ,  $q = 1 - p$ ,  $\lambda$  — интенсивность отказов элемента.

Результаты расчетов вероятности безотказной работы системы ( $P$ ) в зависимости от времени наработки ( $t$ ) при  $\lambda = 10^{-3} \text{ ч}^{-1}$  представлены на рис. 1—3. Верхние и нижние границы вероятности  $P$  по приближению Эзари — Прошана, а также их разность (верхняя граница погрешности) представлены кривыми EP, ES и DE, а по приближению Литвака — Ушакова — кривыми LS, LP и DL. Верхняя граница погрешности по уточненной оценке комбинированного метода Эзари — Прошана и Литвака — Ушакова представлена кривой LS—ES на рис. 1 и кривой EP—LP на рис. 2.

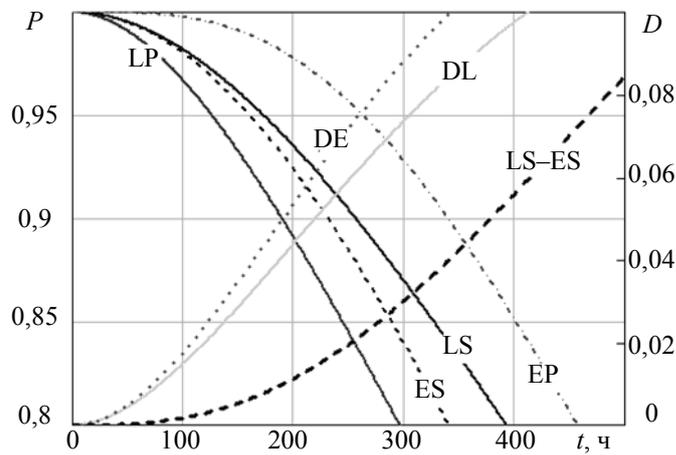


Рис. 1

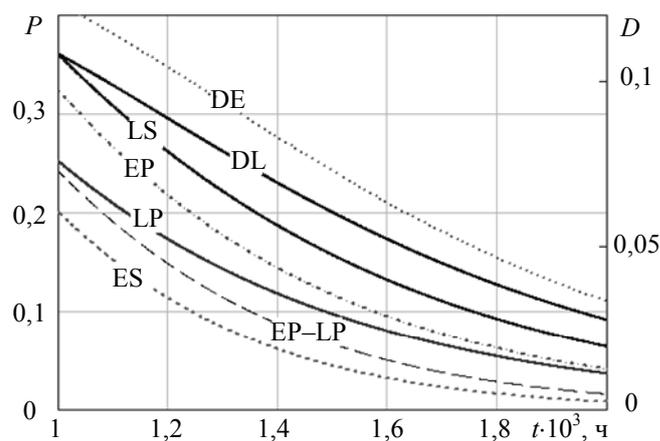


Рис. 2

Как видно из рис. 1, в качестве нижнего приближения для высоконадежных элементов (при малой наработке) целесообразно использовать метод Эзари — Прошана по минимальным сечениям ES, а в качестве верхнего приближения — метод Литвака — Ушакова по минимальным сечениям LS. Для менее надежных элементов (см. рис. 2) в качестве

нижнего приближения целесообразно использовать метод Литвака — Ушакова по путям LP, а в качестве верхнего — метод Эзари — Прошана по минимальным путям EP. При этом погрешность предлагаемого приближения  $DB=LS-ES$  (см. рис. 1) и  $DB=EP-LP$  (см. рис. 2) меньше погрешности некомбинированных приближений Эзари — Прошана DE и Литвака — Ушакова DL. Рис. 3 подтверждает эту зависимость для широкого диапазона наработки.

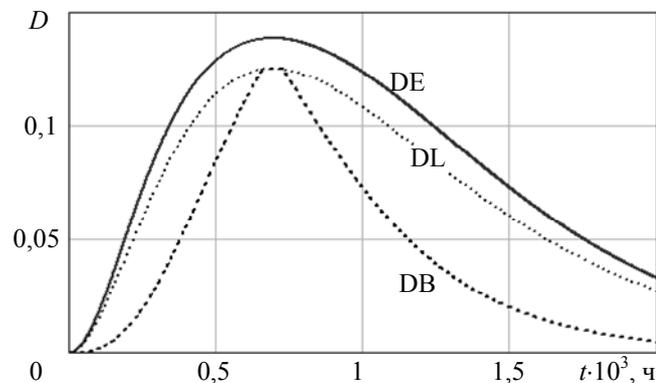


Рис. 3

Предложенная граничная оценка надежности может эффективно использоваться при оценке надежности сложных структур, в том числе сетевых [5—14].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Эзари Дж., Прошан Ф. Надежность связанных систем // Методы введения избыточности для вычислительных систем: Сб. М.: Радио и связь, 1966.
2. Надежность технических систем: Справочник / Под ред. И. А. Ушакова. М.: Радио и связь, 1985.
3. Ушаков И. А. Курс теории надежности систем. М.: Дрофа, 2008.
4. Ушаков И. А. Вероятностные модели надежности информационно-вычислительных систем. М.: Радио и связь, 1991.
5. Богатырев В. А. Мультипроцессорные системы с динамическим перераспределением запросов через общую магистраль // Изв. вузов СССР. Приборостроение. 1985. Т. 28, № 3. С. 33—38.
6. Богатырев В. А. К повышению надежности вычислительных систем на основе динамического распределения функций // Изв. вузов СССР. Приборостроение. 1981. Т. 24, № 8. С. 62—65.
7. Богатырев В. А. Комбинаторный метод оценки отказоустойчивости многомагистрального канала // Методы менеджмента качества. 2000. № 4. С. 30—35.
8. Богатырев В. А. Отказоустойчивость и сохранение эффективности функционирования многомагистральных распределенных вычислительных систем // Информационные технологии. 1999. № 9. С. 44—48.
9. Богатырев В. А., Богатырев С. В., Богатырев А. В. Оптимизация древовидной сети с резервированием коммутационных узлов и связей // Телекоммуникации. 2013. № 2. С. 42—48.
10. Богатырев В. А. Отказоустойчивость функционально-распределенных систем // Методы менеджмента качества. 2001. № 3. С. 34—37.
11. Bogatyrev V. A., Bogatyrev S. V., Golubev I. Yu. Optimization and the process of task distribution between computer system clusters // Automatic Control and Computer Sciences. 2012. N 3. P. 103—111.
12. Ожиганов А. А., Киров Д. А. Анализ методик проектирования беспроводных сенсорно-актуаторных сетей // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2013. № 1. С. 129—135.
13. Алиев Т. И. Сети ЭВМ и телекоммуникации. СПб: СПбГУ ИТМО, 2011.
14. Колбанёв М. О., Татарникова Т. М., Воробьёв А. И. Модель обработки клиентских запросов // Телекоммуникации. 2013. № 9. С. 42—48.

*Сведения об авторах*

- Владимир Анатольевич Богатырев** — д-р техн. наук, профессор; Университет ИТМО, кафедра вычислительной техники, Санкт-Петербург; Санкт-Петербургский государственный экономический университет, кафедра прикладных информационных технологий;  
E-mail: Vladimir.bogatyrev@gmail.com
- Анатолий Владимирович Богатырев** — аспирант; Университет ИТМО, кафедра вычислительной техники, Санкт-Петербург; E-mail: Vladimir.bogatyrev@gmail.com

Рекомендована кафедрой  
прикладных информационных  
технологий СПбГЭУ

Поступила в редакцию  
28.04.14 г.

УДК 004.78

Т. М. ТАТАРНИКОВА, Н. В. ЯГОТИНЦЕВА

## ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ НАДЕЖНОСТИ КОРАБЕЛЬНОЙ СЕТИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Выполнение оказываемых сетями передачи данных услуг по своевременной доставке сообщений зависит от надежности установления соединений между взаимодействующими сторонами. Предлагается вероятностная модель процесса установления (неустановления) соединения в корабельной сети передачи данных как количественного показателя функциональной надежности сети.

*Ключевые слова:* единая информационная инфраструктура корабля, корабельная сеть передачи данных, функциональная надежность, живучесть информационной сети корабля, распределение времени пребывания сообщения.

**Введение.** Одним из перспективных направлений развития радиоэлектронного вооружения (РЭВ) корабля считается интеграция образцов РЭВ в единую информационную инфраструктуру корабля. К РЭВ относят радиолокационные комплексы и станции, средства связи, гидроакустические комплексы и станции, аппаратуру опознавания, комплексы радиоразведки, информационно-управляющие системы и другие средства, обеспечивающие преобразование и обработку электромагнитных (акустических) сигналов и данных.

В целом, современное РЭВ корабля по своей архитектуре и характеристикам еще не образует единую информационную инфраструктуру. Справедливость этого утверждения подтверждается тем, что в настоящее время на кораблях отсутствуют единое адресное пространство, возможность прозрачного доступа к удаленным и обособленно хранящимся информационным ресурсам, средства реализации мультимедийного обмена информацией, унифицированная система панелей диалога для разнородных автоматизированных рабочих мест [1].

**Модель информационной инфраструктуры корабля.** Суть нового подхода к совершенствованию инфраструктуры корабля заключается в следующем:

- интеграции образцов РЭВ на основе базовой информационной сети корабля, а не на основе парных связей;
- обеспечении возможности подключения к базовой информационной сети комплексов и станций различных типов РЭВ;
- введении в состав технической архитектуры нового элемента — комплекса серверов обработки сигналов и данных;
- переходе от функционально-специализированных архитектур средств обработки сигналов и данных к распределенной сетевой обработке.

Модель информационной инфраструктуры корабля с учетом нового подхода (см. рисунок) представляет собой локальную вычислительную сеть (ЛВС) с коммутацией сегментов, которая была предложена в работе [2] применительно к научно-исследовательским судам. Технология коммутации сегментов основана на отказе от использования разделяемых линий связи между всеми узлами сегмента и применении коммутаторов, позволяющих одновременно передавать пакеты данных между всеми парами портов.



При практической реализации нового подхода важным является обеспечение высокой функциональной надежности информационной сети, так как она является физической средой передачи информации и распределенной обработки сигналов и данных в реальном масштабе времени [3, 4].

**Оценка функциональной надежности.** Функциональная надежность сети характеризуется возможностью предоставления соединения абонентам в течение заданного интервала времени, начиная с момента поступления вызова. Установление требуемого соединения, несмотря на повреждения или отказы отдельных элементов сети, позволяет сохранять ее работоспособность (живучесть) [5]. Для оценки функциональной надежности сети количественным показателем может служить вероятность установления (неустановления) соединения в сети при поступлении соответствующего требования.

Процесс установления соединения представляет собой передачу и доставку сообщения от источника к адресату по путям обмена между ними. Пути состоят из цепочки транзитов, каждый из которых, в свою очередь, представляет собой совокупность каналов, соединяющих два смежных узла в цепочке. Если в транзите все каналы заняты, то сообщение не проходит, и в этом случае за счет рестарта оно будет возвращено либо к одной из предшествующих станций, либо к станции-источнику для повторной передачи по другому пути. Эта особенность должна быть отражена при моделировании процесса установления соединения в корабельной сети передачи данных.

Кроме фазы доставки сообщения до адресата, процесс установления сквозного соединения включает в режиме „обратной волны“ фазу переключения коммутационных полей станций, через которые сообщение прошло при его доставке к конечной станции. Фаза „обратной

волны“ — детерминированный процесс, который происходит за фиксированное время. Случайность связана с фазой доставки сообщения.

Факт доставки сообщения устанавливается с помощью имитации процесса доставки. В силу возможности рестартов число транзитов, пройденных сообщением при его доставке к адресату, оказывается случайным числом. Именно этот аспект придает стохастичность процессу установления соединения. Тогда время доставки сообщения — случайная величина — определяется выражением

$$t_{уст} = n_g t_{тр} + n_p t_{п.п} + r t_r, \quad (1)$$

где  $n_g$  — число транзитов, пройденных сообщением с учетом случившихся рестартов;  $n_p$  — число транзитов в пути, по которому устанавливается соединение в режиме „обратной волны“;  $r$  — число рестартов, имевших место в ходе установления соединения, в общем случае  $0 \leq r < r_{доп}$ , где  $r_{доп}$  — допустимое число рестартов при установлении соединения;  $t_{тр}$ ,  $t_{п.п}$ ,  $t_r$  — фиксированное время прохождения сообщением транзита, переключения коммутационного поля в узле и рестарта соответственно.

При имитации доставки сообщения каждая серия экспериментов при моделировании обеспечивает получение случайных величин  $n_g$ ,  $n_p$  и  $r$ , по значениям которых в соответствии с выражением (1) рассчитывается время доставки  $t_{уст}$ . Если  $t_{уст} \leq t_{доп}$ , где  $t_{доп}$  — допустимое время доставки, то фиксируется факт установления соединения. Если же  $t_{уст} > t_{доп}$ , либо  $r > r_{доп}$  при имитации доставки, либо среди всех возможных путей между источником и адресатом не оказалось путей со свободными каналами, то фиксируется факт неустановления соединения.

Входными данными для задачи оценки функциональной надежности корабельной сети передачи данных являются структурная и потоковая метрики; дерево кратчайших путей; значения вероятностей полной занятости транзитов и ограничения, при которых должно выполняться соединение, а именно:  $n_{max}$ ,  $t_{доп}$ ,  $t_{тр}$ ,  $t_{п.п}$ ,  $r$  и  $t_r$ .

Выходными данными являются статистические характеристики, позволяющие оценить вероятность установления соединения за время, не превышающее допустимое, и средние и среднеквадратические значения  $t_{уст}$ , которые могут быть использованы при упрощенных аналитических расчетах [6].

**Распределение времени пребывания сообщения в локальной вычислительной сети корабля.** Распределение длительности пребывания сообщения в сети описывается в терминах преобразования Лапласа — Стильтеса (ПЛС) [7]. На вход системы поступает  $K$  независимых пуассоновских потоков сообщений различных классов с интенсивностью  $\lambda_k$ . Длительности передачи сообщений каждого класса — независимые случайные величины с распределениями

$$F_k(x) = 1 - e^{-\mu_k x},$$

где  $\mu_k = C/L_k$ ,  $C$  — пропускная способность канала,  $L_k$  — длина сообщения,  $k=1, \dots, K$ .

Для коммутатора вся сеть представляется наборами MAC-адресов устройств РЭВ, используемых на канальном уровне, причем каждый набор связан с определенным портом. Поэтому процесс фильтрации и продвижения сообщений в коммутаторах основан на существовании одного логического пути между любыми двумя узлами сети.

Определим ПЛС длительности передачи сообщения  $k$ -го класса от абонента  $i$  к абоненту  $j$ . Пусть  $H_{ij} = \{h_{ijs}\}$  — множество  $s$ -х этапов маршрута  $ij$ ;  $N_{ij} = \|H_{ij}\|$  — мощность этого множества;  $l$  — номер этапа маршрута, вносящего наибольшую задержку, т.е. „узкое“ место маршрута. Тогда соответствующее ПЛС определяется как

$$\beta_{kij}(z) = \beta_{kl}(z) \prod_{\substack{s=1 \\ s \neq l}}^{N_{ij}} \beta_s(z), \quad (2)$$

где  $\beta_{kl}(z)$  — ПЛС длительности пребывания сообщения  $k$ -го класса в „узком“ месте маршрута;  $\beta_s(z)$  — ПЛС длительности пребывания сообщения на  $s$ -м этапе маршрута.

Данное распределение — есть функция от векторов интенсивности поступления ( $\Lambda$ ) и обслуживания ( $\mathbf{M}$ ) сообщений на этапах маршрута:

$$\beta_{kij}(z) = f(\Lambda, \mathbf{M}).$$

Следует отметить, что интенсивность обслуживания напрямую зависит от длины сообщения, которая определяется вычислительными процессами, реализуемыми в сети. В результате конвертации сообщения к моменту передачи по каналу длина сообщения увеличивается в соответствии с выражением

$$L_c^* = L_c \prod_{a \in I} (1 + \Delta_a),$$

где  $\Delta_a$  — избыточность, вносимая  $a$ -м уровнем эталонной модели;  $I$  — число уровней, участвующих в формировании заголовка сообщения.

Кроме того, при возникновении ошибки при передаче сообщения, которая не исправляется корректирующими кодами, происходит повторная передача. Число передач сообщения при заданной вероятности возникновения ошибки  $P$  определяется как

$$S = \sum_{q=1}^{\infty} q (1 - P) P^{q-1} = \frac{1}{1 - P}.$$

Таким образом, необходимо учитывать накладные расходы на организацию взаимодействия протоколов стека и на исправление ошибок. Для этого следует откорректировать интенсивности обслуживания сообщений [8].

Среднее количество бит, передаваемых по каналу,

$$L_b = L_c^* X,$$

где  $X$  — количество сообщений, передаваемых по каналу.

Экспоненциальное распределение длины сообщения позволяет выразить интенсивность передачи сообщения по каналу с учетом взаимодействия протоколов стека и повторной передачи, вызванной ошибками, следующим образом:

$$\mu = -C \ln(1 - 1/L_b).$$

Таким образом, предложенная модель дает распределение времени пребывания сообщения  $k$ -го класса в локальной вычислительной сети корабля, построенной на основе технологии коммутации сегментов и узлов, при заданном векторе вероятностей возникновения ошибок на этапах маршрута для всех пар сетевых абонентов [9].

**Заключение.** Придание информационной инфраструктуре корабля новых качеств, т.е. сетевая организация передачи информации и распределенной обработки сигналов и данных, позволит изменить информационный облик корабля.

Модель оценки характеристик локальной вычислительной сети корабля позволит планировать архитектуру сети передачи данных и обеспечить необходимый уровень ее надежности и живучести.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Татарникова Т. М., Яготинцева Н. В. Характеристика проблемы интеграции образцов радиоэлектронного вооружения корабля // Ученые записки РГГМУ. 2012. № 25. С. 156—162.
2. Обрезков А. И. Анализ систем массового обслуживания с неоднородными потоками заявок. СПб: ВУС, 1999.
3. Богатырев В. А., Богатырев С. В., Богатырев А. В. Функциональная надежность вычислительных систем с перераспределением запросов // Изв. вузов. Приборостроение. 2012. Т. 55, № 10. С. 53—56.

4. Богатырев В. А., Богатырев А. В. Функциональная надежность систем реального времени // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2013. № 4. С. 150—151.
5. Миронов В. В., Головкин Ю. Б., Юсупова Н. И. Об автоматной модели динамической ситуации // Управление сложными техническими системами: Межвуз. науч. сб. Уфа: УАИ, 1986. № 9. С. 3—10.
6. Татарникова Т. М., Яготинцева Н. В. Модель оценки характеристик локальной вычислительной сети корабля // Материалы Междунар. конф. „Теоретические и прикладные проблемы науки и образования в 21-м веке“. Тамбов: Изд-во ТРОО „Бизнес—Наука—Общество“, 2012. Ч. 5. С. 143—144.
7. Советов Б. Я., Колбанёв М. О., Татарникова Т. М. Оценка вероятности эрланговского старения информации // Информационно-управляющие системы. 2013. № 6. С. 25—28.
8. Татарникова Т. М., Тонг Минь Дык. Аналитическая модель коммутатора с общей шиной // Межвуз. сб. науч. трудов. СПб: СПбГУВК, 2006. С. 44—50.
9. Татарникова Т. М., Шанти Й. Аналитическая модель коммутатора с общей памятью // Технические средства судовождения и связи на морских и внутренних водных путях: Междунар. межвуз. сб. науч. тр. СПб: СПбГУВК, 2006. Вып. 7. С. 141—146.

#### *Сведения об авторах*

- Татьяна Михайловна Татарникова** — д-р техн. наук, профессор; Санкт-Петербургский государственный экономический университет, кафедра прикладных информационных технологий; E-mail: tm-tatarn@yandex.ru
- Наталья Владимировна Яготинцева** — аспирант; Российский государственный гидрометеорологический университет, кафедра информационных технологий и систем безопасности, Санкт-Петербург; E-mail: solnishko234@yandex.ru

Рекомендована кафедрой  
прикладных информационных  
технологий СПбГЭУ

Поступила в редакцию  
28.04.14 г.

УДК 004.942, 658.51

А. А. ЕМЕЛЬЯНОВ

## **ПСИХОДИАГНОСТИЧЕСКОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ**

Рассматривается проблема повышения надежности программного обеспечения путем формирования групп его разработчиков на основе результатов тестирования.

*Ключевые слова:* надежность, программное обеспечение, тестирование.

**Введение.** Надежность сложных программно-аппаратных комплексов, используемых на предприятиях и в организациях, в том числе сферы сервиса, во многом определяется надежностью программного обеспечения и применяемых технических средств [1, 2], а также надежностью управления вычислительными процессами [3, 4]. Разработка сложного программного обеспечения в настоящее время выполняется лишь в рамках коллектива, при формировании которого, однако, довольно редко учитываются индивидуальные психологические характеристики участников. Это зачастую приводит к возникновению конфликтных ситуаций и ряду других негативных факторов, влияющих на эффективность работы и, следовательно, на качество выпускаемого программного обеспечения (ПО).

Для оценки различных индивидуальных характеристик разработчиков ПО применяются методы психодиагностического тестирования. Психодиагностическое тестирование — спла-

нированная процедура, реализуемая с помощью тщательно подобранных целевых тестовых методик. Все данные обрабатываются и сопоставляются, в результате чего формируется психодиагностическое заключение, содержащее психологический диагноз, психологический прогноз, психологический портрет и различные рекомендации [4, 5].

Новизна предлагаемого в настоящей работе подхода заключается в использовании психодиагностического тестирования при формировании коллектива разработчиков программного обеспечения, обладающих определенными личностными характеристиками, что позволит обеспечить эффективность работы коллектива или свести к минимуму возможное снижение эффективности из-за взаимно несовместимых (конфликтных) психологических типов участников.

К числу основных критериев оценки психодиагностических методик относится надежность, достоверность, репрезентативность и валидность.

Надежность тестирования (с точки зрения психодиагностического тестирования) — это устойчивость тестовых показателей относительно случайных факторов [6].

Достоверность тестирования — это устойчивость результатов теста по отношению к фальсификации, т.е. сознательным или неосознаваемым искажениям результатов со стороны испытуемого; к таким искажениям относится, например, склонность давать ответы, одобряемые обществом [6, 7].

Репрезентативность тестирования — это устойчивость структуры распределения баллов при переходе от выборки к популяции; признаком репрезентативности является нормальное распределение (гауссова кривая) [6].

Валидность тестирования (от англ. valid — действительный, пригодный, действенный) — это корректность и действенность теста — важнейший критерий его качества, определяющий точность измерения исследуемого параметра, а также характеризующий, насколько точно тест отражает то, что он должен оценивать, и насколько отдельные составляющие задания адекватны исследуемой проблеме. Иными словами, валидность тестирования — это, прежде всего, адекватность интерпретации тестовых результатов по отношению к цели тестирования и содержанию основного понятия (диагностируемого психического свойства) [6, 7].

В настоящее время надежность, как правило, определяется на однородных выборках, т.е. тестировании испытуемых, схожих по возрасту, полу, образованию, уровню профессиональной подготовки и т.п. Для каждой такой выборки приводятся свои коэффициенты надежности.

Так как показатель надежности отражает степень согласованности двух независимо полученных рядов показателей, то для ее оценки используют корреляционный анализ по Пирсону, Рюлону или Спирмену — Брауну. Надежность тем выше, чем больше значение коэффициента корреляции приближается к единице. Методика признается надежной, если полученный коэффициент не ниже 0,75—0,85 [6].

Выделяют несколько видов надежности:

- ретестовая надежность;
- надежность параллельных форм теста;
- надежность фрагментов теста.

Для проверки надежности компьютерных версий тестовых методик Р. Кеттела, Т. Лири и САМОАЛ была исследована надежность фрагментов теста с помощью метода расщепления. Задания в каждой из шкал теста были разделены на две части (четные и нечетные), отдельно обработаны, затем результаты двух полученных рядов были подвергнуты корреляционному анализу.

Расщепление на четные и нечетные задания наиболее целесообразно, поскольку этот способ не зависит от влияния таких факторов, как вработываемость, тренировка, утомление и пр.

Для проверки эмпирической валидности компьютерных версий названных тестовых методик использовались коэффициенты корреляции между показателями по отдельным шкалам бланковых методик (валидность которых уже доказана) и соответствующими значениями шкал компьютерных версий методик. Величина коэффициента валидности считается приемлемой, если его значение статистически значимо; при этом коэффициент валидности 0,2...0,3 считается низким, 0,3...0,5 — средним, свыше 0,6 — высоким.

*Тест Р. Кеттелла (16 PF опросник).* Опросник Р. Кеттелла содержит 187 вопросов, позволяющих оценить выраженность ряда личностных черт, объединенных Р. Кеттеллом в 16 факторов, имеющих биполярную форму. Эти факторы можно отнести к нескольким характеристикам личности: коммуникативной, эмоционально-волевой и интеллектуальной.

При интерпретации данных строится „профиль“ личности, описывается степень выраженности каждого фактора, а также особенности их взаимодействия. В сравнительном исследовании бланковой и компьютерной версий методики использовалась форма А как наиболее известная в психодиагностической практике.

Надежность компьютерной версии опросника 16 PF определялась методом расщепления. При вычислении коэффициента надежности применялась формула Рюлона:

$$r_i = 1 - \frac{\sigma_{\Lambda}^2}{\sigma_x^2},$$

где  $\sigma_{\Lambda}^2$  — дисперсия разности между результатами каждого испытуемого по четным и нечетным заданиям из отдельной шкалы теста;  $\sigma_x^2$  — дисперсия суммарных результатов по четным и нечетным заданиям.

В данном случае коэффициент надежности рассчитывается как доля „истинной“ дисперсии результатов теста [6,7].

Коэффициент корреляции между бланковой и компьютерной версиями по отдельным шкалам теста колеблется от 0,51 до 0,84 для мужчин и от 0,61 до 0,88 для женщин [6]. В целом коэффициент корреляции составляет 0,67—0,87 [6, 7]

*Тест Т. Лири.* Личностный опросник Т. Лири предназначен для диагностики межличностных отношений, а также свойств личности, существенных при взаимодействии с другими людьми. Задачей испытуемого при работе с опросником является соотнесение 128 понятий, описывающих личностные свойства, с оценкой своего „Я“.

По результатам тестирования определялась степень выраженности у испытуемого одного из 8 типов межличностных отношений, определенных в работе [6]: 1) властно-лидирующий; 2) независимый-доминантный; 3) прямолинейно-агрессивный; 4) недоверчиво-скептический; 5) покорно-застенчивый; 6) зависимый-послушный; 7) сотрудничающий-конвенциональный; 8) ответственный-великодушный, и, кроме того, выяснялись наличие или отсутствие трудностей социальной адаптации либо выраженность определенных поведенческих стереотипов.

Значение коэффициента надежности составило 0,98 [6, 7], а значения коэффициента корреляции — 0,67...0,8 [6].

*Тест САМОАЛ.* Опросник САМОАЛ [6] (самоактуализационный тест) является русскоязычной адаптацией оригинального опросника POI (Personal Orientation Inventory), созданного Э. Шостромом. Тест разработан на основе теории самоактуализации А. Маслоу. Методика САМОАЛ содержит 12 шкал, описывающих различные характеристики личности: 1) ориентация во времени; 2) ценности; 3) взгляд на природу человека; 4) потребность в познании; 5) креативность; 6) автономность; 7) спонтанность; 8) самопонимание; 9) аутосимпатия; 10) контактность; 11) гибкость в общении; 12) общая самоактуализация.

Надежность компьютерной версии опросника САМОАЛ определялась методом расщепления. Значение коэффициента надежности составило 0,99 [6].

Эмпирическая валидность рассчитывалась для каждой шкалы отдельно и для теста в целом путем корреляционного анализа бланковой и компьютерной версий методики с использованием коэффициентов Пирсона и Стьюдента. Для оценки достоверности полученных результатов использовались значения дополнительных шкал MD и FB в опроснике 16 PF Кеттла; для опросника Т. Лири наличие низких показателей (0—4 балла) по всем 8 октантам является свидетельством неоткровенности испытуемого. Такие анкеты исключались из дальнейшей обработки.

Таким образом, показана эффективность использования методологии психодиагностического тестирования для комплексной диагностики индивидуальных психофизиологических параметров каждого участника группы разработчиков программного обеспечения в целях оптимизации внутригрупповых отношений, и, как следствие, повышения качества и надежности выпускаемого ПО.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Таненбаум Э., Остин Т. Архитектура компьютера. СПб: Питер, 2013. С. 518—520.
2. Богатырев В. А., Богатырев С. В., Богатырев А. В. Надежность кластерных вычислительных систем с дублированными связями серверов и устройств хранения // Информационные технологии. 2013. № 2. С. 27—32.
3. Богатырев В. А. Распределение заданий в многомашинных вычислительных системах // Изв. вузов СССР. Приборостроение. 1986. Т. 29, № 5. С. 43—47.
4. Богатырев В. А. К распределению функциональных ресурсов в отказоустойчивых многомашинных вычислительных системах // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2001. № 12. С. 1—5.
5. Пуха Г. П. Методология формирования и реализации систем интеллектуальной поддержки принятия решений. СПб: СМИО-Пресс, 2012. С. 1—3.
6. Анастаси А., Урбина С. Психологическое тестирование. СПб: Питер, 2007. С. 91—188.
7. Бурлачук Л. Ф. Психодиагностика. СПб: Питер, 2006. С. 108—126.

#### *Сведения об авторе*

**Александр Александрович Емельянов**

— канд. техн. наук, доцент; Санкт-Петербургский государственный экономический университет, кафедра прикладных информационных технологий; E-mail: S1\_Alex2000@mail.ru

Рекомендована кафедрой  
прикладных информационных  
технологий

Поступила в редакцию  
28.04.14 г.

Г. П. ПУХА, П. В. ПОПОВ, Р. В. ДРАЧЕВ, Н. А. ПОПЦОВА

## ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ОРГАНИЗАЦИИ УСЛУГ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ

Представлена методология построения систем интеллектуальной поддержки принятия решений, которая предполагает синтез систем мобильной связи на основе их многоуровневого последовательного анализа в сочетании с поэтапной оптимизацией с использованием метода управления элементами сложных информационно-коммуникационных систем.

**Ключевые слова:** информационные системы, системы интеллектуальной поддержки принятия решений, анализ и синтез систем мобильной связи, управление сложными информационно-коммуникационными системами.

Выделение в составе информационных систем отдельного класса — систем интеллектуальной поддержки принятия решений (СИППР), во-первых, является объективно необходимым фактором, а во-вторых, становится инновационным направлением развития современных информационных технологий [1].

В этой связи представляется весьма перспективным организация и проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, направленных на создание систем подобного класса, например, в составе специального математического и программного обеспечения пунктов управления системами мобильной связи (СМС) специального назначения. При этом главным условием успешного развития этого актуального направления является четкая методологическая постановка решения задач, связанных с анализом эффективности функционирования СМС и синтезом их рациональных вариантов [2]. В первую очередь, это означает выбор и составление иерархии показателей, необходимых для оценки эффективности принятого решения по организации СМС, и разработку методик для их определения (рис. 1).



Рис. 1

Так, одним из вариантов реализации данного подхода к формированию СИППР является комплекс специального математического и программного обеспечения (СМПО), построенный на базе ряда моделей трактов распространения радиоволн, каналов передачи, линий и сетей связи. Данный комплекс позволяет оценить показатели систем мобильной связи с подвижными объектами специального назначения различного уровня: начиная от соотношения сигнал/помеха (физический уровень) и заканчивая вероятностно-временными характеристиками процесса доставки сообщений по системе связи (сетевой уровень) [3].

Алгоритм оценивания эффективности СМС (объекта управления — ОУ) по показателям такого уровня (решение задачи анализа), обеспечивающий принятие решений по ее построению и использованию, заключается в следующем (рис. 2).

1. Для решения поставленной перед объектом управления задачи, определения состава и пространственного размещения объекта, оценки обстановки в районе его действий, при предполагаемых вариантах организации управления, в качестве исходных данных определяются:

— способ решения объектом поставленной задачи, его возможности и необходимый уровень качества функционирования;

— конкретная совокупность типовых сообщений, необходимых для управления объектом в заданной обстановке, и требования к ним по своевременности доставки;

— дальность связи, дистанции до предполагаемых источников преднамеренных помех (ПП) и их параметры;

— перечень каналов мобильной связи (МС), режимы их работы, способы передачи сообщений.

2. С помощью моделей физического уровня определяются матрицы связности абонентов по заданным каналам МС в соответствии с результатами расчетов соотношений сигнал/помеха (С/П) в трактах распространения радиоволн (РРВ) и с учетом их энергетической доступности источнику ПП:

$$h_{ij}^{s_n} = \Omega \left( \dots, \text{ЭП}_{ij}^{s_n}, \text{СП}_{ij}^{s_n}, \text{ПП}_{ij}^{s_n}, \dots \right); n \in N; s \in S,$$

где  $\text{ЭП}_{ij}^{s_n}$  — эквивалентный энергетический потенциал  $n$ -й радиoliniии, обеспечивающей передачу сообщения  $s$ -го типа из пункта  $i$  в пункт  $j$ ,  $i \neq j$ ;  $\text{СП}_{ij}^{s_n}$  — уровень случайных помех в пункте  $j$ ;  $\text{ПП}_{ij}^{s_n}$  — уровень преднамеренных помех при работе средств радиоподавления, расположенных в пункте  $m$ ,  $m \neq i, j$ ;  $N$  — набор линий связи, по которым может быть передано сообщение  $s$ -го типа;  $S$  — виды сообщений, необходимых для управления объектом при решении данной задачи.

3. С помощью моделей канального уровня определяются матрицы вероятности приема однократно переданных сообщений по результатам расчетов помехоустойчивости используемых для МС радиoliniий с учетом как энергетической, так и временной их доступности воздействию источника ПП:

$$P_{ij}^{s_n} = \left( 1 - P_{mj}^{s_n} \right) P_{ij}^{s_n}_{\text{СП}} + P_{mj}^{s_n} P_{ij}^{s_n}_{\text{ПП}}; n \in N, s \in S.$$

4. С помощью модели сетевого уровня определяются вероятностно-временные характеристики процесса доставки сообщений, необходимых для обеспечения управления объектом, т.е. оценивается своевременность мобильной связи. При этом в качестве показателя своевременности МС принята вероятность того, что при решении объектом управления поставленной задачи время доставки сообщений с заданной достоверностью и безопасностью не превышает нормативного [3]:

$$T_{ij}^{sk} = F\left(t_{ij}^{sk} \leq t_3^{sk} / D_{ij}^{sk} \leq D_{\text{тр}}^{sk} / B_{ij}^{sk} \leq B_{\text{д}}^{sk}\right); i \neq j; s \in S; k \in K,$$

где  $t_{ij}^{sk}$  — время моделирования процесса доставки сообщения  $s$ -го типа от  $i$ -го к  $j$ -му корреспондентам при решении  $k$ -й задачи;  $t_3^{sk}$  — заданное текущей обстановкой время доставки сообщения  $s$ -го типа;  $D_{ij}^{sk}$  и  $D_{\text{тр}}^{sk}$  — расчетное и требуемое значение показателя достоверности сообщения  $s$ -го типа соответственно;  $B_{ij}^{sk}$  и  $B_{\text{д}}^{sk}$  — расчетное и допустимое значение показателя безопасности передачи сообщения  $s$ -го типа соответственно;  $K$  — типовые задачи, решаемые объектом управления.

5. С помощью моделей системного уровня для каждого варианта построения объекта управления определяется эффективность его действий в заданной обстановке с учетом работы СМС. На этом высшем (системном) уровне показателем эффективности мобильной связи является показатель эффективности функционирования ОУ при решении типовых задач:

$$\text{ПЭ}^k = \Phi\left(\dots, T_{ij}^{sk}, D_{ij}^{sk}, B_{ij}^{sk}, \dots\right); i \neq j; s \in S, k \in K.$$

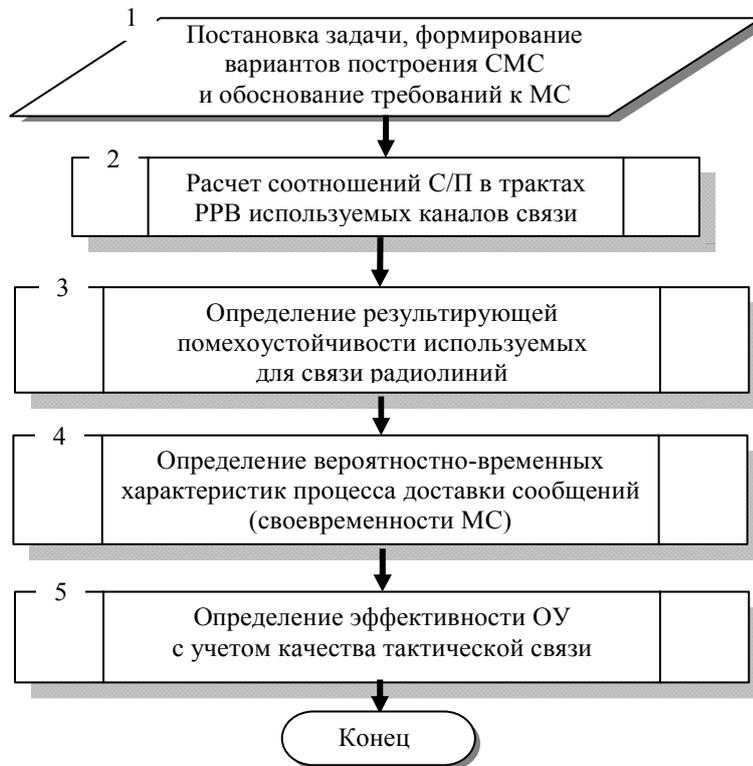


Рис. 2

По результатам сравнения показателей эффективности объекта управления производится относительная оценка вариантов организации или построения СМС, а по результатам сравнения данных показателей с показателем, рассчитанным при идеально функционирующей, гипотетической, системе МС (с его критериальным значением, установленным для решаемой задачи), выводится абсолютная оценка исследуемых вариантов.

Несомненно, что при использовании комплекса СМПО следует ожидать, прежде всего, повышения обоснованности принятия решений по организации системы МС и управлению ею за счет сравнения по количественным оценкам нескольких возможных вариантов построения системы связи за отведенное на этап планирования время.

Однако естественным недостатком такого подхода к построению СИППР является необходимость формирования рациональной МС, т.е. решение задачи синтеза СМС только

посредством выбора (анализа эффективности) нескольких реальных эвристически подготовленных вариантов, и соответственно необходимость „проработки“ достаточно большого числа возможных версий плана организации связи, что (по опыту работы операторов) требует дополнительных временных затрат.

Возможное разрешение данного противоречия — это формирование рационального варианта построения СМС методом *прямого синтеза*. Дело в том, что СМС (как и любая сложная организационно-техническая система — по определению) обладает соответствующим избыточным ресурсом, которым можно и следует управлять для достижения требуемого качества ее функционирования.

В то же время известно, что оптимальный синтез систем связи по комплексным показателям (критериям) весьма сложен, а при некоторых эвристических характеристиках и неточности исходных данных даже нецелесообразен [4]. Это объясняется тем, что комплексные показатели сложных систем, к которым относятся, как правило, и мобильные системы связи, могут не иметь глобального максимума при заданных ограничениях, что делает непригодными хорошо известные и относительно простые методы математического программирования (см., например, [5]). Использование же достаточно универсальных методов случайного поиска [6] приводит к значительным временным затратам.

С другой стороны, теория и практика формирования и прогнозирования развития сложных и, особенно, крупномасштабных систем [7, 8] показывает, что такой общей (глобальной) оптимизации можно противопоставить частичную (локальную) оптимизацию. Частичная оптимизация по результатам последовательного анализа становится возможной благодаря разбиению процесса синтеза систем на ряд стадий, что обеспечивает уменьшение размерности решаемой задачи [9]. При этом необходимо иметь в виду, что оптимизируемым объектом может быть не система в целом, а лишь та или иная ее характеристика. Именно в случае, когда процесс формирования сложных систем проходит ряд стадий, и возникает потребность в такой частичной оптимизации. Вместе с тем общая оптимизация становится возможной потому, что в процессе формирования системы происходит постепенная, т.е. поэтапная ее оптимизация на основе последовательного анализа.

Рассматривая в качестве объекта исследования системы мобильной связи, необходимо отметить, что действительно при их формировании действия, предпринимаемые на различных стадиях процесса определения организационно-технических параметров системы, представляют собой соответствующие логические звенья частичной и общей оптимизации. Это утверждение справедливо, и когда речь идет о разработке организационно-технических решений, направленных на совершенствование этих систем, и когда задача синтеза решается в целях планирования вариантов их практического применения.

Поэтому для таких достаточно сложных систем, как системы мобильной связи с подвижными объектами поэтапная оптимизация на основе последовательного анализа представляется наиболее реальным путем практического решения задачи их синтеза. В этом случае благодаря уменьшению размерности решаемой задачи можно применить методы прямого синтеза в рамках тех ресурсов системы связи, которые учитываются на определенном этапе анализа.

В настоящее время таким методом является метод управления элементами сложных информационно-коммуникационных систем, позволяющий реализовать процесс рационального (оптимального) управления ресурсами радиоэлектронных систем на основных этапах их жизненного цикла за счет мониторинга состояния и условий функционирования, проводимого на каждом из этапов в заданном объеме и с требуемой интенсивностью [10]. Основная идея метода заключается в решении задачи достижения элементами системы критериально заданного качественного состояния посредством реализации рациональных управляющих воздействий, совокупность которых определяется с использованием специально разработанного

аналитического аппарата. При этом решение задачи обеспечивается за минимальное время и при оптимальном расходовании имеющегося ресурса.

Основным ограничением, определяющим условие реализации данного метода, является наличие носящего ясный физический смысл интерпретатора, отображающего исследуемый элемент системы связи в виде соответствующей аналитической модели. Но именно такие модели, а также набор связанных показателей и составляют основу рассматриваемого варианта построения СИППР.

Таким образом, могут быть сформулированы следующие основные положения методологии синтеза СМС:

- установление в моделях ОУ для каждой конкретной задачи взаимосвязи между параметрами СМС и показателями ее эффективности;
- применение эвристических методов при разработке возможных вариантов построения СМС;
- использование метода перебора допустимых структур и вариантов функционирования СМС с учетом результатов анализа их соответствия выбранному критерию;
- декомпозиция задачи на этапы по уровням показателей эффективности СМС и установление взаимосвязи между ними;
- последовательный, поэтапный анализ условий функционирования СМС в целях выявления требований к ее показателям на каждом уровне, а также показателей, не удовлетворяющих данным требованиям, и основных причин, препятствующих этому;
- определение совокупности корректных ограничений на значения характеристик СМС, которые определяются ресурсами системы для каждого уровня;
- целенаправленная параметрическая оптимизация методом управления элементами сложных радиоэлектронных систем (на уровнях, где это требуется по результатам анализа);
- формирование варианта организационно-технического построения СМС в соответствии с требованиями при решении объектом управления всех предполагаемых задач.

Несомненно, что наиболее эффективным путем практического использования предложенного подхода к построению системы интеллектуальной поддержки принятия решений следует считать его детальную алгоритмизацию и программно-аппаратную реализацию решения задач многопараметрической адаптации и синтеза рациональных управляющих воздействий.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пуха Г. П. Системы интеллектуальной поддержки принятия решения — инновационное направление исследований и подготовки специалистов в области ИТ // Материалы VIII Санкт-Петербург. межрегион. конф. „Информационная безопасность регионов России“, 23—25 окт. 2013 г. СПб: СПОИСУ, 2013. С. 293.
2. Пуха Г. П. Методология формирования и реализации систем интеллектуальной поддержки принятия решений. СПб: СМИО-Пресс, 2012. 337 с.
3. Пуха Г. П. Анализ и синтез системы тактической связи группировок разнородных сил. СПб: ВМА им. Н. Г. Кузнецова, 1995. 117 с.
4. Дудник Б. Я. и др. Надежность и живучесть систем связи. М.: Радио и связь, 1984. 216 с.
5. Волгин Н. С., Махров Н. В., Юровский В. А. Исследование операций. Л.: ВМА им. А. А. Гречко, 1978. Ч. 1. 400 с.
6. Богатырев В. А. О модификации функции „перманент матрицы“ и ее применении в комбинаторных методах анализа надежности вычислительных систем // Информационные технологии. 2002. № 1. С. 5—11.
7. Бокучаева И. Т., Цвиркун А. Д., Акинфиев В. К., Орлов С. П., Георгобидани З. Г. Оптимизация функционирования и структурного построения сложных систем. Тбилиси: Мецниереба, 1989. 72 с.

8. Богатырев В. А., Богатырев С. В., Богатырев А. В. Оптимизация древовидной сети с резервированием коммутационных узлов и связей // Телекоммуникации. 2013. № 2. С. 42—48.
9. Дитрих Я. Проектирование и конструирование: системный подход: Пер. с польск. М.: Мир, 1981. 456 с.
10. Попов П., Берестов С. Метод управления элементами сложных инфокоммуникационных систем // Морской сборник. 2012. № 4. С. 33—38.

**Сведения об авторах**

- Геннадий Пантелеевич Пуха** — д-р воен. наук, профессор; Санкт-Петербургский государственный экономический университет, кафедра прикладных информационных технологий; E-mail: pgr2003@list.ru
- Павел Валерьевич Попов** — д-р техн. наук, профессор; Военный учебно-научный центр ВМФ „Военно-морская академия им. адмирала флота Советского Союза Н. Г. Кузнецова“, кафедра боевого применения (средств связи и АСУ ВМФ), Санкт-Петербург; E-mail: spbppv@mail.ru
- Роман Викторович Драчев** — Военный учебно-научный центр ВМФ „Военно-морская академия им. адмирала флота Советского Союза Н. Г. Кузнецова“, кафедра боевого применения (средств связи и АСУ ВМФ), Санкт-Петербург; старший преподаватель; E-mail: pgr2003@list.ru
- Наталья Александровна Попцова** — студентка; Санкт-Петербургский государственный экономический университет, кафедра прикладных информационных технологий; E-mail: popcovanatalia@yandex.ru

Рекомендована кафедрой  
прикладных информационных  
технологий СПбГЭУ

Поступила в редакцию  
28.04.14 г.

---

---

# ПРАКТИЧЕСКИЕ РАЗРАБОТКИ

---

---

УДК 004.4: 004.94, 001.89

Г. П. ПУХА, Е. А. ПРОХОРОВА

## ВАРИАНТ ПОСТРОЕНИЯ БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УСЛУГ

Предложен вариант построения балльно-рейтинговой системы оценки знаний и обоснована соответствующая структура информационного обеспечения для его программной реализации.

*Ключевые слова:* балльно-рейтинговая система, контрольные точки, шкала оценивания, информационное обеспечение, информационно-логическая модель, структура базы данных.

Большинство преподавателей сходятся во мнении, что несомненное достоинство балльно-рейтинговой системы (БРС) оценки знаний студентов — это тотальный систематический и более частый контроль, а также подробная (растянутая) суммарная шкала, определяющая рейтинг учащегося [1]. Нет особых разногласий и по поводу того, что в качестве „контрольных точек“, определяющих количество (и соответственно частоту проведения) процедур текущего контроля, должны выступать темы, а для рубежного контроля — разделы (модули) предметной области. Выбор форм проведения контроля — например, собеседование, выступление на семинаре, защита практических или лабораторных работ, компьютерное тестирование, проверочная работа, реферат, зачет, экзамен — вполне очевиден и также не вызывает серьезных разногласий.

Однако в определении количества баллов („расценок“), оценивающих контрольные точки, наблюдаются достаточно широкие разночтения в зависимости от принципа, который закладывается при реализации БРС. В одном случае предлагается, например, часть баллов, оставшихся после промежуточной аттестации, равномерно распределить между всеми контрольными точками; в других вариантах предлагается эту часть баллов разделить пропорционально объему материала, т.е. времени, выделенному на изучение темы; в третьих вариантах — выделить из этого ресурса определенное количество баллов на поощрение посещаемости, за участие в научно-исследовательской работе (НИР) кафедры или работе студенческого научного общества (СНО) и т.п.

Все подобные варианты реализации БРС имеют, однако, серьезный недостаток, приводящий к значительным трудностям при их практическом применении. Дело в том, что при определении „расценок“ на контрольные точки и различные „бонусы“ требуется постоянное обращение к справочным данным (таблицам расценок). Кроме того, число баллов может быть дробным, и при необходимости оценить знания учащегося в диапазоне, например, от 4,7 до 7,4 преподавателю приходится действовать формально: оценить знания (задание, доклад) по более привычной пятибалльной шкале, а затем взять примерное число из отведенного диапазона расценок.

В связи с этим возникает необходимость поиска *нового, более практичного решения*, ориентированного на программную реализацию балльно-рейтинговой системы.

Анализ технологии применения „болонской“ БРС показывает следующее:

— конечное число набранных баллов, которое в большинстве случаев составляет от 60 (минимум) до 100 (максимум), все равно приводится к пятибалльной шкале (или шкале ECTS): 60 — удовлетворительно, 100 — отлично;

— нижняя граница диапазона этой конечной суммы кратна именно „тройкам“, а верхняя — „пятеркам“ при одинаковом количестве контрольных точек.

Следует заметить, что эта же зависимость просматривается и в рекомендуемой сумме баллов за промежуточную аттестацию: минимум — 12, максимум — 20.

Указанные обстоятельства обуславливают очевидность такой естественной системы „расценок“, при которой количество баллов, соответствующее каждой из контрольных точек, было бы кратно 3 и 5; принадлежность их к суммарному диапазону может быть обеспечена подбором необходимого числа контрольных точек, что достижимо при любой дисциплине или модуле, которые, как правило, содержат два-три раздела и порядка десятка тем. Кроме того, различные поощрительные „надбавки“ также могут (а скорее, должны) быть привязаны к пятибалльной шкале.

В этом случае взаимосвязь, определяющая контрольные точки по разделам (модулям), например 1, 2, дисциплины, читаемой в течение двух семестров, виды и формы контроля, а также порядок назначения баллов в выделенных балльных интервалах оценивания, может быть представлена в виде таблицы: см., в частности, табл. 1 и 2.

Изложенный подход к практической реализации БРС, как минимум, исключает необходимость обращения к таблицам „расценок“, позволяет избежать формализма, облегчает работу преподавателей, доступен и понятен студентам.

Апробация данного варианта организации БРС на кафедре прикладных информационных технологий СПбГЭУ в течение последних трех лет показала его практическую приемлемость и заинтересованность студентов в регулярности проведения контроля и последовательном накоплении необходимой конечной суммы баллов.

Таблица 1

Форма контроля	Раздел (модуль) 1. „Теоретические основы методов информатики и программирования высокого уровня“											
	Текущий контроль по точкам (темам), балл										Рубежный контроль, балл	
	1		2		3		4		5			
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
Собеседование	3	5	3	5	3	5	3	5	3	5		
Защита лабораторной работы	3	5	3	5	3	5	3	5	3	5		
Компьютерное тестирование	3	5	3	5	3	5	3	5	3	5		
Проверочная работа (зачет)											9	15
Участие в работе СНО или НИР кафедры											6	10
Баллы, начисляемые в точке контроля	9	15	9	15	9	15	9	15	9	15	15	25
Накопление баллов	9	15	18	30	27	45	36	60	45	75	60	100

В то же время опыт практической реализации рассмотренного варианта БРС показывает, что основным ее недостатком остается резкое возрастание объема учебно-методической работы, связанной как с подготовкой соответствующих материалов для проведения такого „тотального“ контроля, так и с ведением учета и обработкой его результатов. Поэтому

целесообразность использования средств автоматизации процессов, связанных с применением любого из вариантов БРС, не вызывает сомнений.

Таблица 2

Форма контроля	Раздел (модуль) 2. „Особенности разработки программ в объектно-ориентированных средах“										Промежуточная аттестация (сессия), балл	
	Текущий контроль по точкам, балл											
	1		2		3		4		min	max	min	max
	min	max	min	max	min	max	min	max				
Собеседование	3	5	3	5	3	5	3	5				
Защита лабораторной работы	3	5	3	5	3	5	3	5				
Компьютерное тестирование	3	5	3	5	3	5	3	5				
Проверочная работа									6	10		
Экзамен											12	20
Участие в работе СНО или НИР									6	10		
Баллы, начисляемые в точке контроля	9	15	9	15	9	15	9	15	12	20	12	20
Накопление баллов	9	15	18	30	27	45	36	60	48	80	60	100

Самый простой способ нормализации данной ситуации — это формирование рассмотренной (см. табл. 1, 2) структуры данных с помощью электронных таблиц: на одном листе (экране) формируются несколько (по числу студентов) наборов данных, на нескольких листах — либо число дисциплин, читаемых одним преподавателем, либо число групп, изучающих данную дисциплину. Далее весь набор данных, относящихся к результатам контроля успеваемости студентов, обучающихся в рамках направлений одной кафедры, может быть сгруппирован в пределах одной книги (файла) и т.д. (рис. 1). Очевидно, что в этом случае следует воспользоваться механизмом установления функциональной зависимости между этими наборами данных для автоматизации процесса накопления баллов и предоставления обобщенных итоговых сведений о рейтинге учащихся (по группам, дисциплинам, направлениям и курсам).

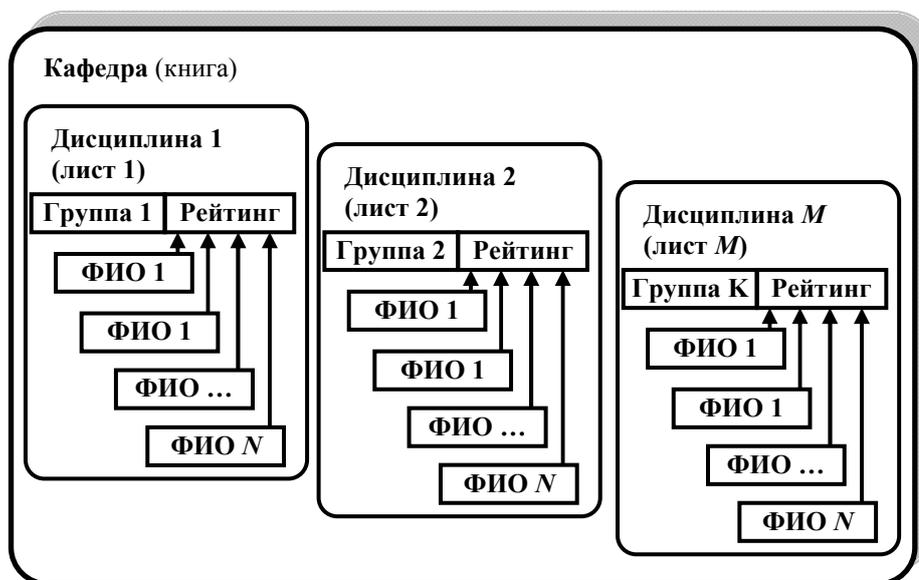


Рис. 1

Однако такой вариант автоматизации связан с существенными временными затратами на ведение отчетности, сократить которые, а также обеспечить целесообразное разрешение обозначенного противоречия можно за счет следующих действий:

— создания специализированного программного обеспечения (ПО), позволяющего автоматизировать основную часть процессов, связанных с ведением учета и обработкой результатов контроля в формате БРС;

— организации хранения всех данных, необходимых для функционирования такого ПО, в формате одного из стандартов СУБД;

— проведения части контрольных мероприятий в форме компьютерного тестирования с предоставлением его результатов для обработки с помощью ПО.

На основании анализа функциональной модели процесса реализации БРС (рис. 2), относительно первого из перечисленных аспектов, задачами специализированного ПО следует считать:

— обеспечение удобного ввода данных и управления ими администратором системы (A1);

— предоставление возможности преподавателю оперативно вносить сведения о результатах проверки знаний каждого учащегося по каждой контрольной точке (A2);

— обеспечение взаимодействия с системами компьютерного тестирования (СКТ) для автоматического считывания его результатов, внесения их в базу данных (БД) и реализации алгоритма накопления баллов (A3);

— предоставление доступа студентам для просмотра своих обобщенных результатов контроля по всем дисциплинам (A4).

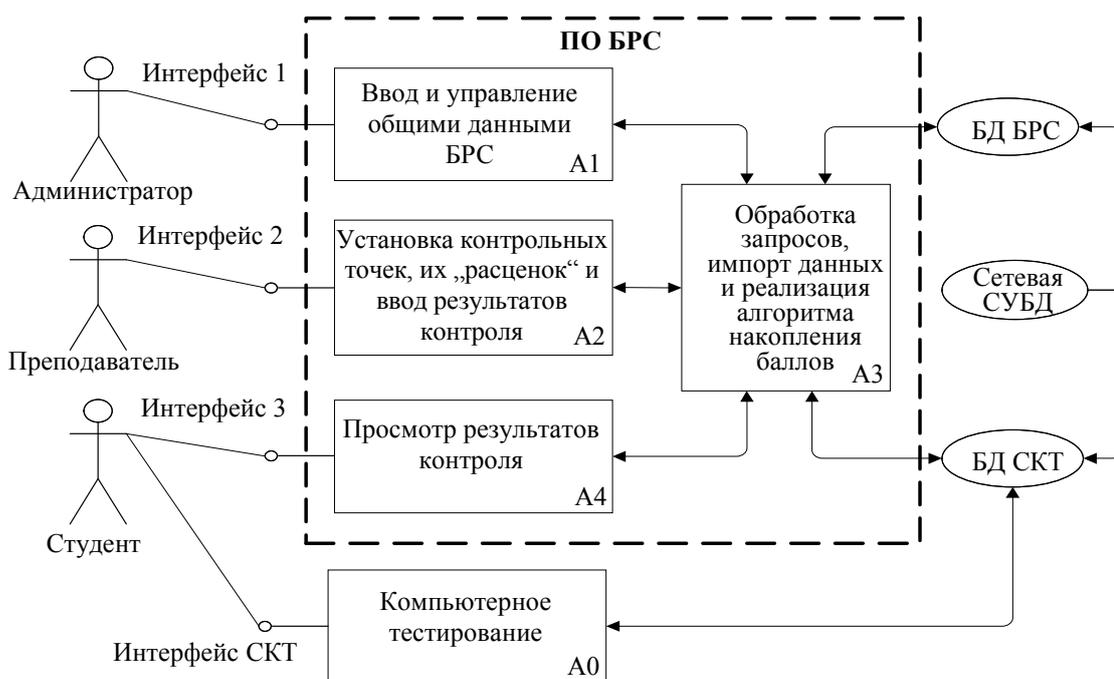


Рис. 2

Анализ набора данных, необходимых для информационного обеспечения данного варианта реализации БРС (см. табл. 1, 2 и рис. 1), позволяет выделить следующие множества однотипных объектов, которые могут быть описаны в виде сущностей, однозначно определяемых непересекающимися наборами атрибутов [2]:

— *учебные группы*: атрибутами служат соответствующий шифр, направление и курс обучения, количество студентов;

— *студенты*: в данном случае атрибутами являются не только персональные данные (Ф.И.О., адрес и т.д.), но и собственно результаты текущего и итогового контроля успехов учащегося в освоении материалов; кроме того, целесообразно здесь же хранить сведения о результатах итоговых аттестационных испытаний, о темах и руководителях дипломных работ;

— *рейтинг*: результаты оценки знаний, в формате БРС, каждого учащегося по множеству учебных дисциплин или модулей определяются в основном идентификационными атрибутами студента и дисциплины;

— *преподаватели*: являются, с одной стороны, группой пользователей, а с другой — одновременно и модераторами нескольких дисциплин, и руководителями нескольких дипломных работ: и в том, и в другом случае необходимы регистрационные (логин — пароль) атрибуты и, кроме того, атрибуты, связанные с личными данными (Ф.И.О., ученая степень, ученое звание и должность);

— *дисциплины (модули)*: атрибутами являются конечное множество тем, выступающих в качестве контрольных точек, по которым и ведется подсчет и накопление баллов в формате БРС;

— *контрольные точки*: атрибутами служат полученные в каждой из точек результаты контроля в зависимости от заданной (для нее) обязательной его формы;

— *формы контроля*: эти данные, в целом не обладающие разнообразием, целесообразно выделить в отдельную сущность и реализовать в виде справочной таблицы.

С учетом установленных логических связей между указанными сущностями может быть сформирована „инфологическая“ (информационно-логическая) модель БРС (рис. 3). В данной модели явно выделяются две основные цепи многоуровневой зависимости вида „один ко многим“ (1:N). Однако в качестве идентифицирующих атрибутов, для реализации интерфейсов трех разных групп пользователей, следует использовать идентификаторы (ID) сущностей „учебная группа“, „преподаватель“ и „студент“. Именно по этим ключевым полям могут быть определены основные наборы сведений, необходимых для работы администраторов системы, преподавателей и студентов.

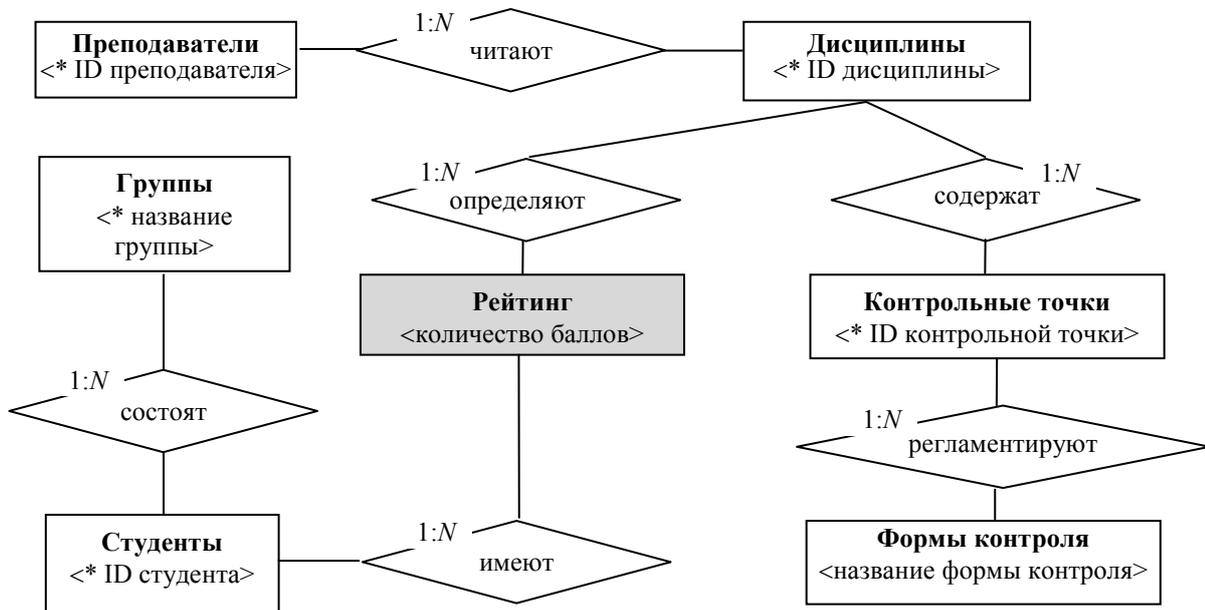


Рис. 3

Все атрибуты сущности „рейтинг“ определяются первичными атрибутами связанных с ним сущностей, и, следовательно, „рейтинг“ в структуре данной „инфологической“ модели носит характер дополнительного ассоциативного объекта, с помощью которого реализуется связь вида „многие ко многим“ (M:N).

Таким образом, получена информационно-логическая модель необходимого набора данных, атрибуты которых не повторяются, т.е. ее структура в таком виде является нормализованной, а следовательно, она может быть положена в основу разработки базы данных в составе ПО БРС.

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

- вариант построения балльно-рейтинговой системы, основанной на пятибалльной шкале оценивания контрольных точек, является более естественным и практичным;
- предложенная структура информационного обеспечения для программной реализации представленного варианта построения БРС является обоснованной.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О проведении эксперимента по введению рейтинговой системы оценки успеваемости студентов вузов: Приказ Министерства образования РФ от 11.07.2002, № 2654.
2. Бураков П. В., Петров В. Ю. Введение в системы баз данных: Учеб. пособие. СПб: СПбГУ ИТМО, 2010. С. 29.

#### *Сведения об авторах*

**Геннадий Пантелевич Пуха**

— д-р воен. наук, профессор; Санкт-Петербургский государственный экономический университет, кафедра прикладных информационных технологий; E-mail: pgr2003@list.ru

**Екатерина Александровна Прохорова**

— студентка; Санкт-Петербургский государственный экономический университет, кафедра прикладных информационных технологий; E-mail: key-tea@mail.ru

Рекомендована кафедрой  
прикладных информационных  
технологий

Поступила в редакцию  
28.04.14 г.

## SUMMARY

### P. 7—10.

#### STATE OF THE ART AND CONCEPT OF DEVELOPMENT OF INFORMATION TECHNOLOGIES IN SERVICE TRADE

State of the art of information technologies application in service trade and the field development concept are considered. Peculiarities of training of specialists in the sphere are analyzed.

**Keywords:** information process, information technology, services, information product, information service.

##### *Data on author*

*Igor L. Korshunov* — Cand. Techn. Sci.; St. Petersburg State University of Economics, Department of Applied Information Technologies; Head of the Department; E-mail: kil53@mail.ru

### P. 10—14.

#### MODEL OF INFORMATION INTERACTION FOR SERVICE COMPANIES

A model of communication for service enterprises is proposed. The model summarizes procedures of providing service to customers, and may be used at enterprises using modern information tools in their activities.

**Keywords:** information interaction, information technology, physical environment of interaction, service activities, service quality.

##### *Data on authors*

*Sergey Yu. Mikadze* — Cand. Econom. Sci.; St. Petersburg State University of Economics, Department of Applied Information Technologies; E-mail: mik@finec.ru

*Mikhail O. Kolbanev* — Dr. Techn. Sci., Professor; St. Petersburg State University of Economics, Department of Applied Information Technologies; E-mail: mokolbanev@mail.ru

*Tatiana M. Tatarnikova* — Dr. Techn. Sci., Professor; St. Petersburg State University of Economics, Department of Applied Information Technologies; E-mail: tm-tatarn@yandex.ru

### P. 15—18.

#### ASSESSMENT OF PROBABILISTIC-TEMPORAL CHARACTERISTICS OF THE PROCESS OF I&R SERVICE RENDERING

Methods for estimation of the optimal number of call center operators are proposed. The methods lean upon probability distribution of temporal characteristics of I&R services rendering.

**Keywords:** service activities, service, customer, service quality, call center, probability of service rendering on time.

##### *Data on authors*

*Andrey I. Vorobyov* — Cand. Techn. Sci.; St. Petersburg State University of Economics, Department of Applied Information Technologies; E-mail: vorobiov\_a@inbox.ru

- Mikhail O. Kolbanev* — Dr. Techn. Sci., Professor; St. Petersburg State University of Economics, Department of Applied Information Technologies; E-mail: mokolbanev@mail.ru
- Tatiana M. Tatarnikova* — Dr. Techn. Sci., Professor; St. Petersburg State University of Economics, Department of Applied Information Technologies; E-mail: tm-tatarn@yandex.ru

P. 19—22.

### **EFFECTIVENESS OF INFORMATION SECURITY SYSTEM WITH THE ACCOUNT FOR CRITERION OF ASSURANCE OF ENTERPRISE COMPETITIVENESS**

The problem of assessment of information security system effectiveness is discussed. A method is proposed for evaluation of economic efficiency of information security system with regard to change in the enterprise. Elasticity of the coefficient of change in competitiveness as a function of cost is determined.

**Keywords:** competitiveness, information protection system, information security.

#### *Data on author*

- Helen V. Popova* — St. Petersburg State University of Economics, Department of Applied Information Technologies; Assistant Lecturer; E-mail: serana5@inbox.ru

P. 23—26.

### **MODEL OF DOCUMENTARY SOURCE PROCESSING IN BUSINESS INTELLIGENCE**

A model for processing of text documents is proposed. The model allows evaluation of probability to solve an information problem in information contours of situational center of business intelligence in time limitation conditions. The model also makes it possible to determine the necessary set of information processing tools.

**Keywords:** business intelligence, information document, information sample, efficiency of information processing, input flow of information documents.

#### *Data on author*

- Igor M. Levkin* — Dr. Military Sci., Professor; St. Petersburg State University of Economics, Department of Applied Information Technologies; E-mail: lev.kin@yandex.ru

P. 27—32.

### **MODELLING THE PROCESS OF INSTRUMENTAL PREPARATION OF SERVICE RENDERING BASED ON EXPERT JUDGMENT**

A method for construction of graph-based models for automated control over instrumental preparation at service enterprises is discussed. The method effectiveness is demonstrated in situation when expert judgments differ in range and quantity of instrument necessary for internal implementation.

**Keywords:** model, service, method, process, graph, expert judgment.

#### *Data on authors*

- Yury B. Golovkin* — Cand. Techn. Sci.; St. Petersburg State University of Economics, Department of Applied Information Technologies; E-mail: comparif@rambler.ru
- Rustem A. Yartsev* — Cand. Techn. Sci.; Ufa State Aviation Technical University, Department of Automated Control Systems; E-mail: rust-66@yandex.ru
- Svetlana G. Gazetdinova* — Cand. Techn. Sci.; Ufa State Aviation Technical University, Department of Automated Control Systems; E-mail: svetlana\_gazetdi@mail.ru

## P. 33—37.

**MODELING INFORMATION TRANSFER PROCESS IN NETWORK WITH ACCESS RIGHTS DIFFERENTIATION**

A service enterprise information network using centralized control over authorized access to network resources is considered. A mathematical model of such network is proposed, a method for evaluation of probabilistic-temporal characteristics of information transfer processes is presented.

**Keywords:** information network, network resources, access control device, gateway access control, mathematical model of network, probabilistic-temporal characteristics of information transfer.

*Data on authors*

- Natalia A. Verzun* — Cand. Techn. Sci.; St. Petersburg State University of Economics, Department of Applied Information Technologies; E-mail: dina\_25@hotmail.ru
- Andrey I. Vorobyov* — Cand. Techn. Sci.; St. Petersburg State University of Economics, Department of Applied Information Technologies; E-mail: vorobiov\_a@inbox.ru
- Ekaterina D. Poimanova* — St. Petersburg State University of Economics, Department of Applied Information Technologies; Assistant Lecturer; E-mail: e.d.poymanova@gmail.com

## P. 38—42.

**PHYSICAL RESOURCES OF INFORMATION PROCESS OF DATA SAVING**

The problem of physical resource saving in implementing of information storage process is considered. A model is proposed for selection of basic information storage technology with the account for physical resources employed by the technology, i.e. the space, time, and energy.

**Keywords:** information technology, information services, data storage, physical resources information technology, information technology selection.

*Data on authors*

- Mikhail O. Kolbanev* — Dr. Techn. Sci., Professor; St. Petersburg State University of Economics, Department of Applied Information Technologies; E-mail: mokolbanev@mail.ru
- Ekaterina D. Poimanova* — St. Petersburg State University of Economics, Department of Applied Information Technologies; Assistant Lecturer; E-mail: e.d.poymanova@gmail.com
- Tatiana M. Tatarnikova* — Dr. Techn. Sci., Professor; St. Petersburg State University of Economics, Department of Applied Information Technologies; E-mail: tm-tatarn@yandex.ru

## P. 42—46.

**ON ENERGY EFFICIENCY OF PACKET TRANSMISSION NETWORKS**

Dependence of network energy consumption on algorithms of data units formatting in packet-switched network is considered.

**Keywords:** information technology, network energy consumption, packet switching, LAN, information aging.

*Data on authors*

- Mikhail O. Kolbanev* — Dr. Techn. Sci., Professor; St. Petersburg State University of Economics, Department of Applied Information Technologies; E-mail: mokolbanev@mail.ru
- Natalia A. Verzun* — Cand. Techn. Sci.; St. Petersburg State University of Economics, Department of Applied Information Technologies; E-mail: dina\_25@hotmail.ru
- Alexander V. Omelyan* — Cand. Techn. Sci.; St. Petersburg State University of Economics, Department of Applied Information Technologies; E-mail: omers27@mail.ru

P. 47—53.

### APPLICATION OF FUZZY HYPERGRAPHS IN MODELS OF WEB-COMPONENTS GENERATION

The problem of web-component generation using model code generators based on governing fuzzy hypergraphs. Description of dynamic models of hypergraphs in programming of web-systems, portals, and websites is discussed.

**Keywords:** hypergraphs, XML-technologies, code generation, web-application model, service, information and communication technologies.

#### *Data on authors*

- Yury B. Golovkin* — Cand. Techn. Sci.; St. Petersburg State University of Economics, Department of Applied Information Technologies; E-mail: comparif@rambler.ru
- Artem S. Gusarenko* — Cand. Techn. Sci.; Ufa State Aviation Technical University, Department of Automated Control Systems; Assistant Lecturer; E-mail: artyomgusarenko@gmail.com

P. 54—58.

### REQUESTS REDISTRIBUTION BETWEEN COMPUTING CLUSTERS UNDER DEGRADATION

A model of multi-cluster system is proposed. Optimal portion of requests redistributed through the network between clusters in the process of their degradation are evaluated for various types of reallocating requests organization.

**Keywords:** tolerance, distribution of requests, cluster optimization, average query execution time.

#### *Data on authors*

- Vladimir A. Bogatyrev* — Dr. Techn. Sci., Professor; ITMO University, Department of Computing Technique, St. Petersburg; St. Petersburg State University of Economics, Department of Applied Information Technologies; E-mail: Vladimir.bogatyrev@gmail.com
- Anatoly V. Bogatyrev* — Post-Graduate Student; ITMO University, Department of Computing Technique, St. Petersburg; E-mail: Vladimir.bogatyrev@gmail.com
- Stanislav V. Bogatyrev* — IT-House Ltd., St. Petersburg; Chief Engineer; E-mail: Vladimir.bogatyrev@gmail.com

P. 59—62.

### IMPROVEMENT OF RELIABILITY BOUND FOR SYSTEMS OF COMPLEX STRUCTURE BY COMPOSITION OF THE ESARY — PROSCHAN AND LITVAK — USHAKOV METHODS

A method is proposed for improvement of approximated bound for complex system reliability. The method is based on combination of the Esary — Proschan and Litvak — Ushakov upper and lower approximations.

**Keywords:** boundary approximation, reliability, minimal pass, minimal cross-section, Esary — Proschan approximation, Litvak — Ushakov approximation.

#### *Data on authors*

- Vladimir A. Bogatyrev* — Dr. Techn. Sci., Professor; ITMO University, Department of Computing Technique, St. Petersburg; St. Petersburg State University of Economics, Department of Applied Information Technologies; E-mail: Vladimir.bogatyrev@gmail.com
- Anatoly V. Bogatyrev* — Post-Graduate Student; ITMO University, Department of Computing Technique, St. Petersburg; E-mail: Vladimir.bogatyrev@gmail.com

**P. 62—66.****EVALUATION OF FUNCTIONAL RELIABILITY OF SHIPBOARD NETWORK**

A probabilistic model of the process of communication installation in shipboard network is considered. The model makes it possible to evaluate the probability of link startup as a quantitative indicator of functional reliability of the shipboard network.

**Keywords:** unified information infrastructure of the ship, shipboard data network, functional reliability, shipboard network survivability, residence time distribution.

*Data on authors*

**Tatiana M. Tatarnikova** — Dr. Techn. Sci., Professor; St. Petersburg State University of Economics, Department of Applied Information Technologies; E-mail: tm-tatarn@yandex.ru

**Natalia V. Yagotinceva** — Post-Graduate Student; Russian State Hydrometeorological University, Department of Information Technologies and Security Systems, St. Petersburg; E-mail: solnishko234@yandex.ru

**P. 66—69.****PSYCHODIAGNOSTIC TESTING AS A METHOD TO IMPROVE SOFTWARE RELIABILITY**

Staff recruitment for groups of programmers on the base of psychology diagnostic test results is proposed as a mean for improvement of reliability of developed software.

**Keywords:** reliability, software, psychology testing.

*Data on author*

**Alexander A. Emelyanov** — Cand. Techn. Sci.; St. Petersburg State University of Economics, Department of Applied Information Technologies; E-mail: S1\_Alex2000@mail.ru

**P. 70—75.****CONSTRUCTION OF INTELLECTUAL SYSTEM OF DECISION-MAKING SUPPORT IN ORGANIZATION OF MOBILE COMMUNICATION SERVICES**

A methodology of development of intellectual system of decision-making support is presented. The proposed approach is aimed at synthesis of mobile communication systems on the base of consequent multilayer analysis combined with step-by-step optimization using methods of control over elements of complex information system.

**Keywords:** information system, intellectual system of decision-making support, analysis and syntheses of mobile communication system, management of complex information system.

*Data on authors*

**Gennady P. Pukha** — Dr. Military Sci., Professor; St. Petersburg State University of Economics, Department of Applied Information Technologies; E-mail: pgp2003@list.ru

**Pavel V. Popov** — Dr. Techn. Sci., Professor; Military Training and Scientific Center of the NAVY “Kuznetsov Naval Academy”, Department of Communication Warfare and NAVY ACS, St. Petersburg; E-mail: spbppv@mail.ru

**Roman V. Drachev** — Military Training and Scientific Center of the NAVY “Kuznetsov Naval Academy”, Department of Communication Warfare and NAVY ACS, St. Petersburg; Senior Lecturer; E-mail: pgp2003@list.ru

**Natalia A. Poptsova** — Student; St. Petersburg State University of Economics, Department of Applied Information Technologies; E-mail: popcovanatalia@yandex.ru

---

**P. 76—81.**

**VARIANT OF MARK-RATING SYSTEM FOR KNOWLEDGE ASSESSMENT IN REALIZATION OF EDUCATIONAL SERVICES**

A variant of mark-rating system for knowledge assessment is proposed. Structure of informational support of program realization of the system is established.

**Keywords:** mark-rating system, control points, rating scale, informational support, infological model, data base structure.

***Data on authors***

- Gennady P. Pukha*** — Dr. Military Sci., Professor; St. Petersburg State University of Economics, Department of Applied Information Technologies; E-mail: [pgp2003@list.ru](mailto:pgp2003@list.ru)
- Ekaterina A. Prokhorova*** — Student; St. Petersburg State University of Economics, Department of Applied Information Technologies; E-mail: [key-tea@mail.ru](mailto:key-tea@mail.ru)