

№ 1 (69) январь-февраль 2012

Издается с 2002 года. Выходит 6 раз в год

Учредитель – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

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

Редакционный совет

Голенков В.А., председатель
Радченко С.Ю., заместитель председателя
Борзенков М.И., секретарь

Астафичев П.А., Иванова Т.Н., Киричек А.В.,
Колчунов В.И., Константинов И.С.,
Новиков А.Н., Попова Л.В., Степанов Ю.С.

Главный редактор

Константинов И.С.

Редколлегия

Архипов О.П. (Орел, Россия)
Аверченков В.И. (Брянск, Россия)
Бок Т. (Мюнхен, Федеративная Республика Германия)
Гайндрик К. (Кишинев, Молдова)
Долгий А. (Сент-Этьен, Франция)
Еременко В.Т. (Орел, Россия)
Иванников А.Д. (Москва, Россия)
Ипатов О.С. (Санкт-Петербург, Россия)
Колоколов Ю.В. (Ханты-Мансийск, Россия)
Коськин А.В. (Орел, Россия)
Маркарян Г. (Ланкастер, Великобритания)
Подмастерьев К.В. (Орел, Россия)
Поляков А.А. (Москва, Россия)
Распопов В.Я. (Тула, Россия)
Сотников В.В. (Санкт-Петербург, Россия)

Рубрики номера

1. Математическое
и программное обеспечение
вычислительной техники
и автоматизированных систем 5-16
2. Математическое и компьютерное
моделирование 17-44
3. Информационные технологии
в социально-экономических
и организационно-технических
системах 45-50
4. Автоматизация и управление
технологическими процессами
и производствами 51-77
5. Телекоммуникационные системы
и компьютерные сети 78-106
6. Информационная безопасность
и защита информации 107-130

Редакция

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

Сдано в набор 15.12.2011 г.
Подписано в печать 25.12.2011 г.
Формат 60x88 1/8.

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

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

Адрес учредителя журнала

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

Адрес редакции

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

Подписной индекс 15998
по объединенному каталогу
«Пресса России»

Зарег. в Федеральной службе по надзору в сфере
связи, информационных технологий
и массовых коммуникаций.

Св-во о регистрации средства массовой
информации ПИ № ФС77-47350 от 03.11.2011 г.

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

©Госуниверситет - УНПК, 2012

№ 1 (69) January-February 2012

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

Editorial council

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

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

Editor-in-chief

Konstantinov I.S.

Editorial board

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

Sotnikov V.V. (St. Petersburg, Russia)

In this number

1. Software of the computer facilities
and the automated systems 5-16
2. Mathematical modeling
and computer simulation..... 17-44
3. An information technologies in socio-
economic and organizational-technical
systems 45-50
4. Automation and control
of technological processes
and manufactures 51-77
5. Telecommunication systems
and computer networks 78-106
6. The information security and information
protection 107-130

The editors

Konstantinova G.A.
Motina A.I.
Mitin A.A.

The address of the founder of journal

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

The address of the editorial office

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

*It is sent to the printer's on 15.12.2011,
25.12.2011 is put to bed
Format 60x88 1/8.*

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

*It is printed from a ready dummy layout
on polygraphic base of State University – ESPC
302030, Orel, Moskovskaya street, 65*

*Index on the catalogue
«Pressa Rossii» 15998*

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

*Journal is registered in Federal Service for
Supervision in the Sphere of Telecom, Information
Technologies and Mass Communications.
The certificate of registration
ПИ № ФС77-47350 from 03.11.2011.*

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ

ТИТЕНКО Е.А., АТАКИЩЕВ О.И. Коммутационная подсистема для реконфигурируемого мультипроцессора обработки символьной информации	5
---	---

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

АРХИПОВ О.П., МАНЬЯКОВ Ю.А., СИРОТИНИН Д.О., СОРОКИН А.И. Информационная модель метода пофрагментного анализа и представления изменений натурального объекта	17
ПОПОВ С.Е., ЗАМАРАЕВ Р.Ю. Язык метаописаний для системы анализа данных	25
САЗОНОВ С.Ю. Методика расчета времени эвакуации людей при воздействии опасных факторов пожара в системе имитационного моделирования пожароопасных ситуаций в ВУЗе	38

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ И ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

БЕЛОВ В.Н., МАКАРЫЧЕВ П.П. Выбор функции обработки данных для оценки деятельности сотрудников ВУЗа	45
АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ	
ЗАГОРОДНИХ Н.А. Анализ подсистем управления теплоисточниками в системе теплоснабжения	51
ЛЕОНТЬЕВА Е.В. Методика оптимизации эксплуатации водозаборов в сложной экологической обстановке	58
ЛОБАНОВА В.А., ВОРОНИНА О.А. Электронные регуляторы в системах управления технологическими процессами	66
МАЯКОВ М.Н. Экспериментальные исследования теплового режима системы отопления здания с электрическим электродным водонагревателем (ЭЭВ).....	73

ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ СЕТИ

АФОНИН С.И., ЕРЕМЕНКО В.Т., ОФИЦЕРОВ А.И., КУЗЬМИНА Л.В., ПЛАЩЕНКОВ Д.А. Методы решения задач распределения информационных потоков в сети передачи данных предприятия на основе резервирования ресурсов.....	78
БЕЛОВ С.П., УШАКОВ Д.И. О возможности повышения помехоустойчивости сигналов с OFDM	85
НИКИТИН В.С., ЛОМАНОВ А.Н., ГУСАРОВ А.В., ЧАЙКА С.В. Применение технологии интеллектуальных многоканальных оптических соединений на базе ПЛИС	91
КОМИССАРОВ А.В. Реализация метода кригинга для коррекции граничной частоты декаметровых радиолиний	97
ЛАЗАРЕВ С.А. Некоторые аспекты создания информационных ассоциаций в глобальных сетях на основе построения сети корпоративных порталов	103

ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

КОРСУНОВ Н.И., ТИТОВ А.И. Модифицированный блочно-итерационный метод шифрования и дешифрования данных.....	107
КУЗНЕЦОВ А.В., КОНСТАНТИНОВ И.С., БАСОВ О.О. Регрессионная модель разности структурных признаков текстовых документов.....	114
ШИШКИН Н.В., МАЦКЕВИЧ Е.Е. Функциональная модель системы динамического обнаружения разрушающих программных средств	124

CONTENT

SOFTWARE OF THE COMPUTER FACILITIES AND THE AUTOMATED SYSTEMS

<i>TITENKO E.A., ATAKISCHEV O.I.</i> The commutation subsystem for reconfigurable multi-unit of a computing of symbolic information	5
---	---

MATHEMATICAL AND COMPUTER SIMULATION

<i>ARKHIPOV O.P., MANIAKOV Yu.A., SIROTININ D.O., SOROKIN A.I.</i> The information model of full-scale object fragment-by-fragment analysis and representation method	17
<i>POPOV S.E., ZAMARAEV R.Yu.</i> Language of meta description for the data analysis	25
<i>SAZONOV S.Yu.</i> Design procedure of time to evacuations of the people at influence dangerous factor fire in system of simulation modeling fire-dangerous situation in high school	38

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

<i>BELOV V.N., MAKARYCHEV P.P.</i> Selection of data processing function for university staff activities evaluation	45
---	----

AUTOMATION AND MANAGEMENT OF TECHNOLOGICAL PROCESSES AND MANUFACTURES

<i>ZAGORODNIKH N.A.</i> The analysis of heat sources control sub-systems in a heat supply system	51
<i>LEONTYEVA E.V.</i> Technique of optimization of operation of water intakes in difficult ecological conditions	58
<i>LOBANOVA V.A., VORONINA O.A.</i> Electronic regulators in technological processes control systems	66
<i>MAYAKOV M.N.</i> Experimental researches of heating system heat regime of the building with electric electrode waterheater (EEW)	73

TELECOMMUNICATION SYSTEMS AND COMPUTER NETWORKS

<i>AFONIN S.I., EREMENKO V.T., OFITSEROV A.I., KUZMINA L.V., PLASCHENKOV D.A.</i> Methods of the decision of the distribution information flow problems in the enterprise data network on the standby resource base	78
<i>BELOV S.P., USHAKOV D.I.</i> About possibility increased noise immunity signals with OFDM	85
<i>NIKITIN V.S., LOMANOV A.N., GUSAROV A.V., CHAJKA S.V.</i> PLD-based smart multicore fiber interfaces application	91
<i>KOMISSAROV A.V.</i> Realization of kriging method for correction of boundary frequency high-frequency waves of radio lines	97
<i>LAZAREV S.A.</i> Some aspects of the information associations creation in the global networks based on a network of corporate portals	103

THE INFORMATION SAFETY

<i>KORSUNOV N.I., TITOV A.I.</i> Modified block-iterative method for encryption and decryption	107
<i>KUZNETSOV A.V., KONSTANTINOV I.S., BASOV O.O.</i> The regressional model of the difference between structural features of text documents	114
<i>SHISHKIN N.V., MATSKEVICH E.E.</i> Functional model of dynamic detecting malware	124

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ**

УДК 004.031+004.328

Е.А. ТИТЕНКО, О.И. АТАКИЩЕВ

**КОММУТАЦИОННАЯ ПОДСИСТЕМА ДЛЯ РЕКОНФИГУРИРУЕМОГО
МУЛЬТИПРОЦЕССОРА ОБРАБОТКИ СИМВОЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ**

В статье описан реконфигурируемый мультипроцессор для задачи символьной обработки с массовым параллелизмом вычислений, управляемых потоком данных. В реконфигурируемом мультипроцессоре коммутационная подсистема имеет распределенную структуру в виде программируемых многоканальных переключателей.

Ключевые слова: мультипроцессор; символьная обработка; граф задачи; программируемый переключатель.

НАПРАВЛЕННОСТЬ И АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ

По оценкам научных авторитетов в современной компьютерной индустрии (Каляев И.А., Левин И.И., Эйсымонт Л.К., Navarro J., Charman B., Abad A., Стемпковский А.Л., Корнеев В.В. и др.) одним из передовых направлений ее развития является создание гибких по настройке вычислительных устройств (систем) общего назначения с однородной реконфигурируемой структурой [1, 2, 3], ориентированных на параллельные взаимодействующие процессы обработки данных и знаний. Важнейшая проблема организации параллельных вычислений связана с выявлением и максимальным использованием существующего параллелизма задачи в условиях произвольной структуры графа ее решения.

Актуальность данного направления определяется массовым характером класса проблемно-поисковых («интеллектуальных») задач, задач поддержки принятия решений в различных областях науки, производства, коммерции, в которых процессы вычислений интегрированы с коммуникационными процессами обмена данными и сообщениями [4]. Основным типом данных в таких задачах является символьная информация, а решение таких задач опирается на модели, методы и аппаратно-программные средства недетерминированной обработки символьной информации (ОСИ). Задачи ОСИ трактуются как задачи поиска и/или порождения новых конструктивных объектов на основе имеющегося набора исходных объектов (исходных данных) и набора правил преобразования (вставка, замещение, удаление групп символов), имеющих разрешительный смысл исполнения, т.е. на основе аппарата исчислительных систем [4, 5]. Таким образом, процесс решения задач ОСИ основан на процедурах и аппаратных средствах параллельной генерации множества вариантов решений и описывается как граф, имеющий произвольное количество уровней и содержащий ветвящиеся пути с переменными коэффициентами ветвления и сужения траекторий.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Наиболее востребованным и доступным устройством с массовым параллелизмом является мультипроцессор (МП), состоящий из однородного набора вычислительных устройств, объединенных коммутационной подсистемой между собой и памятью (распределенной и/или разделяемой). Подавляющее большинство МП имеют неизменяемую (жесткую) структуру, ориентированную под обработку числовой информации (ОЧИ) на основе алгоритмической (фон-неймановской) модели управления параллельными вычислительными процессами. Фон-неймановская модель организации вычислений основана на использовании управления потоком команд и может допускать параллельную генерацию ветвящихся процессов при условии того, что структура графа решения задачи

заранее известна. Вместе с тем, характерной особенностью задач ОСИ является отсутствие достоверной информации о структуре графа решения задачи, что не позволяет динамично управлять распределенными и взаимодействующими между собой процессами на основе потока команд. Фон-неймановская модель организации вычислений и соответствующие структуры МП приводят или к слабой загрузке многопроцессорных структур, или к последовательно-возвратным реализациям параллельных процессов. При этом возвратный механизм является основным источником временных затрат, что существенно ограничивает применение алгоритмических моделей для решения проблемно-поисковых задач большой размерности и задач искусственного интеллекта, имеющих экспоненциальную временную сложность от числа уровней и состояний в них. Основной причиной существенного снижения производительности многопроцессорных структур на задачах ОСИ является содержательное несоответствие между архитектурными возможностями МП и алгоритмическими средствами конечного пользователя, что порождает потерю времени на синхронизацию и перемещение фрагментов программ [2] между процессорами. Данное несоответствие определяет необходимость создания нетрадиционной архитектуры и схемотехнических решений высокопроизводительной обработки символьной информации в условиях неизвестной структуры графа решения задач ОСИ.

СУЩНОСТЬ ПРЕДЛАГАЕМОГО ПОДХОДА К ПРОЕКТИРОВАНИЮ МУЛЬТИПРОЦЕССОРА ДЛЯ ЗАДАЧ ОСИ

Для технической реализации параллельных ветвящихся вычислений выбрана теория структурно-процедурных вычислений таганрогской научной школы НИИ МВС [1]. Сущность теории заключается в том, что для обеспечения наилучшего соответствия архитектуры многопроцессорной системы, в том числе, МП, графу задачи предлагается формировать ее операционную часть в виде так называемой фрейм-архитектуры, т.е. не окончательно. В фрейм-архитектуре связи между устройствами не имеют постоянного закрепления. Решение задачи включает этапы программирования/перепрограммирования связей под информационный граф задачи и его непосредственную аппаратную реализацию. Это означает, что создается виртуальная проблемно-ориентированная структура, в которой подстройка под информационный граф решения задачи осуществляется как статически (до начала вычислений), так и динамически (в процессе вычислений).

Особенность предметной области применительно к теории структурно-процедурных вычислений заключается в том, что рассматривается такой класс задач, для которых структура графа частично или полностью неизвестна. Яркими примерами таких задач являются сильносвязанные задачи трассировки, моделирования, вторичной обработки изображений, семантического поиска, машинного обучения, естественно-языковой обработки и др. Для таких задач невозможно получить эквивалентную параллельно-конвейерную форму представления [1]. Структура текущего уровня графа решения задачи зависит не только от потока команд (предыстории вычислений), но и определяется в значительной степени потоком данных, полученных на предыдущих уровнях.

Традиционный метод решения таких задач в рамках теории структурно-процедурных вычислений основывается на представлении графа вычислительного процесса (ГВП) в виде иерархии базовых предметных подграфов, объединенных в слои, уровни и кадры [1]. ГВП имеет прямоугольную ярусно-параллельную форму представления, которая является избыточной. Минимальным элементом ГВП является базовый предметный подграф, имеющий множество входных и выходных дуг, по которым директивно задаются потенциальные связи между элементами матрицы ГВП и осуществляется ее заполнение. Тем не менее, матрица ГВП обладает функциональной избыточностью, так как ряд подграфов соответствует «холостым» операциям преобразования. Другим недостатком представления ГВП является проблема неизвестности структуры базовых предметных подграфов, что особенно характерно для недетерминированной символьной обработки. Данная ситуация показана на рисунке 1, определяющем границы эффективного применения теории

структурно-процедурных вычислений. Выделяется область, для которой представляется необходимым детализация данной теории и разработка новых структурных и схмотехнических решений, то есть задачи ОСИ с матричной формой задания графа.

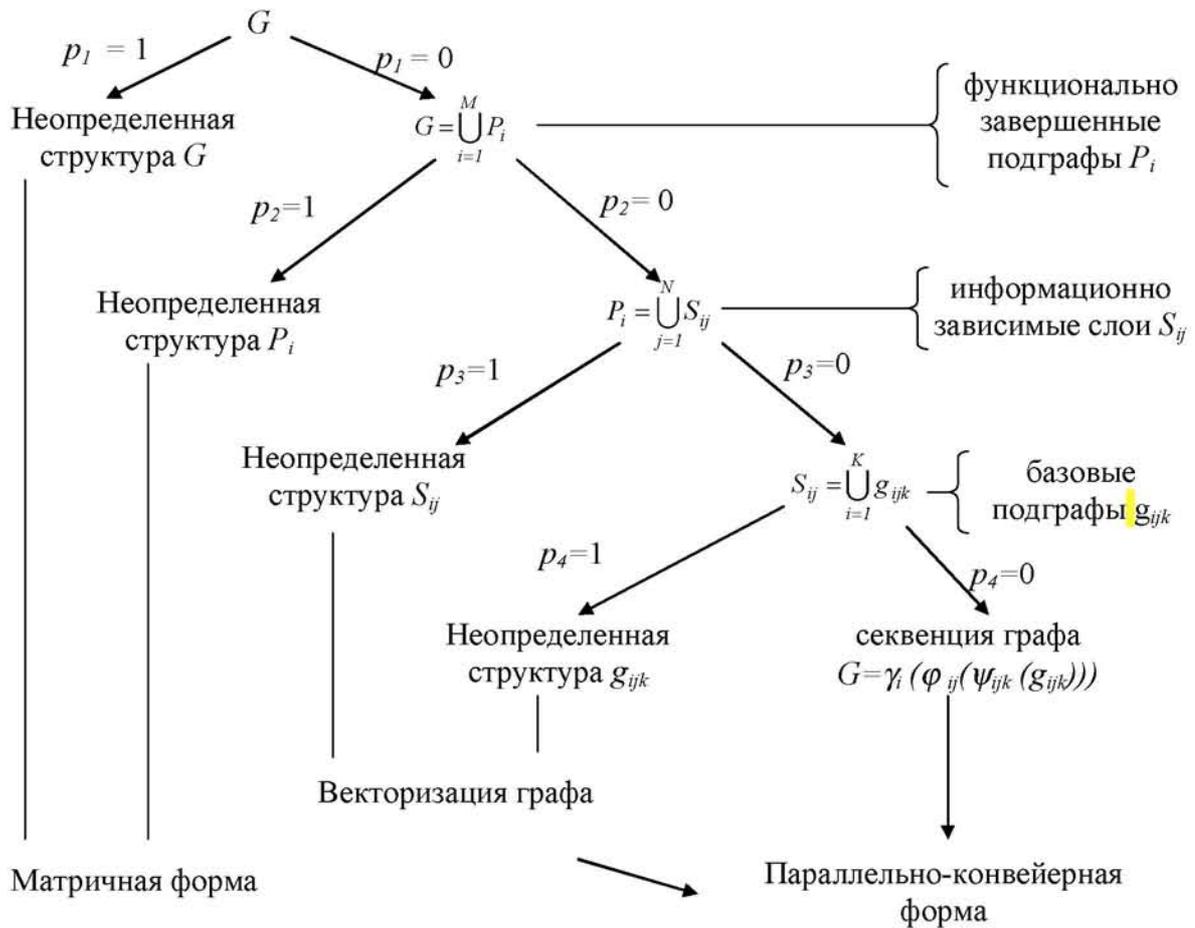


Рисунок 1 – Декомпозиция графа вычислительного процесса G : $p_1 \div p_4$ – двоичные признаки декомпозиции, ψ_{ij} , φ_{ijk} – общие функции отображения подграфов

Сущность предлагаемого подхода к параллельной генерации ветвящихся процессов ОСИ на графах с неизвестной структурой сводится к выявлению и аппаратной поддержке полного перечня типов параллелизма данных. Синтез реконфигурируемого мультимикропроцессора ОСИ под задачи с ветвящимися вычислительными процессами опирается на следующие принципы:

- 1) однородность структуры вычислительных устройств для реализации базовых операций;
- 2) функциональная завершенность вычислительных устройств под реализацию базовых операций;
- 3) динамическая реконфигурация связей вычислительных устройств;
- 4) полносвязность соединений вычислительных устройств.

В работе в качестве базового математического аппарата генерации ветвящихся процессов при решении задач ОСИ рассматриваются исчислительные производственные системы (ПС) [4]. В силу однородности состава исчислительные ПС имеют аппаратно поддерживаемый полный перечень типов параллелизма данных в виде ИЛИ-параллельного и И-параллельного выводов [5]. Другой отличительной особенностью исчислительных ПС является применение неединичного множества элементарных дискретных исполнителей правил (продукций), причем каждый исполнитель отвечает за реализацию только одного правила, а координация работы множества рабочих исполнителей осуществляется

исполнителем-контролером, распознающим все конфликтные ситуации ИЛИ- и И-выводов [6, 7].

ОРГАНИЗАЦИЯ КОММУТАЦИОННОЙ ПОДСИСТЕМЫ ДЛЯ МУЛЬТИПРОЦЕССОРА ОСИ

Эффективность работы реконфигурируемого мультипроцессора на задачах ОСИ с ветвящимися вычислительными процессами определяется, прежде всего, гибкостью и мощностью коммутационной подсистемы (коммутационной структуры – КС), т.е. способностью одно-временно реализовать множество топологий между вычислительными устройствами и модулями распределенной памяти. Гибкость КС позволяет динамически настраивать соединения в МП на время решения конкретной задачи. Необходимость увеличения пропускной способности в МП диктует необходимость затрачивать избыточные средства на организацию полносвязной пространственной коммутации устройств и блоков памяти.

В качестве перспективных вариантов организации КС рассматриваются матричные, гиперкубовые, иерархические и ортогональные коммутационные структуры [1].

Матричные КС обеспечивают пространственно-временную полнодоступность связей между устройствами МП за счет соединения только с соседними пространственно расположенными устройствами. Наиболее перспективным вариантом данного вида коммутации являются тороидальные матрицы, в которых количество связей каждого устройства равно четырем. Это означает, что аппаратная сложность матричной КС не зависит от количества устройств N в матрице, а общая пропускная способность матричных коммутаторов оценивается линейной функцией от N .

Топология гиперкуба ориентирована на непосредственное соединение устройств количеством как логарифмическая функция от общего числа устройств в матрице, а общая пропускная способность гиперкубовых коммутаторов оценивается больше, чем линейная функция от N .

Иерархическая КС является наиболее простой в обеспечении полнодоступности связей при больших значениях N . На нижнем уровне строится внутренний коммутатор, обеспечивающий коммутацию источников и приемников по полному графу. На втором и следующих уровнях коммутации осуществляется объединение коммутаторов предыдущего уровня в кластеры, суперкластеры, подсистемы и т.д. с обеспечением полнодоступности в соответствии с информационным графом задачи. Таким образом, иерархическая КС обеспечивает соединение каждого устройства с каждым, но при этом существуют ограничения на возможные сочетания связей за счет специализированного объединения устройств в обособленные топологические образования. Основным недостатком иерархических КС является неоднородность межуровневых схем коммутации, что создает практические проблемы наращиваемости, в том числе, на задачах ОСИ.

Ортогональная топология является комбинацией матричных и иерархических коммутационных структур. Она сочетает в себе преимущества матричной топологии (однородность) с иерархической полнодоступностью и наращиваемостью. Основу построения ортогональной КС составляет разбиение матрицы устройств мультипроцессора на M вертикальных и N горизонтальных линеек (строк и столбцов), соединенных q -разрядными шинами данных [1]. В пределах двух ортогональных линеек вычислительные устройства - макропроцессоры (МАП) - и блоки распределенной памяти (РП) непосредственно соединены между собой с помощью внутренних полносвязных коммутаторов K и регистровых коннекторов (РК), что показано на рисунке 2 [1]. Доступ к не ортогональным устройствам и блокам памяти осуществляется пространственно-временной коммутацией, т.е. транзитными обменными процессами через промежуточные коммутаторы и коннекторы.

Следует отметить, что для задач ОСИ ортогональная коммутация является наиболее предпочтительной, так как в ней сохраняется однородность соединений и обеспечивается достаточно высокая полнодоступность.

Рассмотренные коммутационные структуры и их варианты имеют жестко заданную топологию коммутационных связей. В условиях жесткой топологии связей полноступенчатая коммутация обеспечивается транзитными пересылками, что приводит к непродуктивной загрузке КС и потере времени на ожидание данных или сообщений.

Таким образом, вышерассмотренные варианты КС не обеспечивают коммутацию по полному графу устройств и блоков памяти, что не позволяет вести программируемую реконфигурацию операционной части мультипроцессора под переменные характеристики ветвящегося графа задачи ОСИ.

В связи с этим, вариант гибкой и мощной коммутационной подсистемы представляется в виде многоканального цифрового программируемого переключателя, имеющего p_1 входных линий разрядностью k бит и p_2 выходных линий разрядностью k бит (рис. 3(a)).

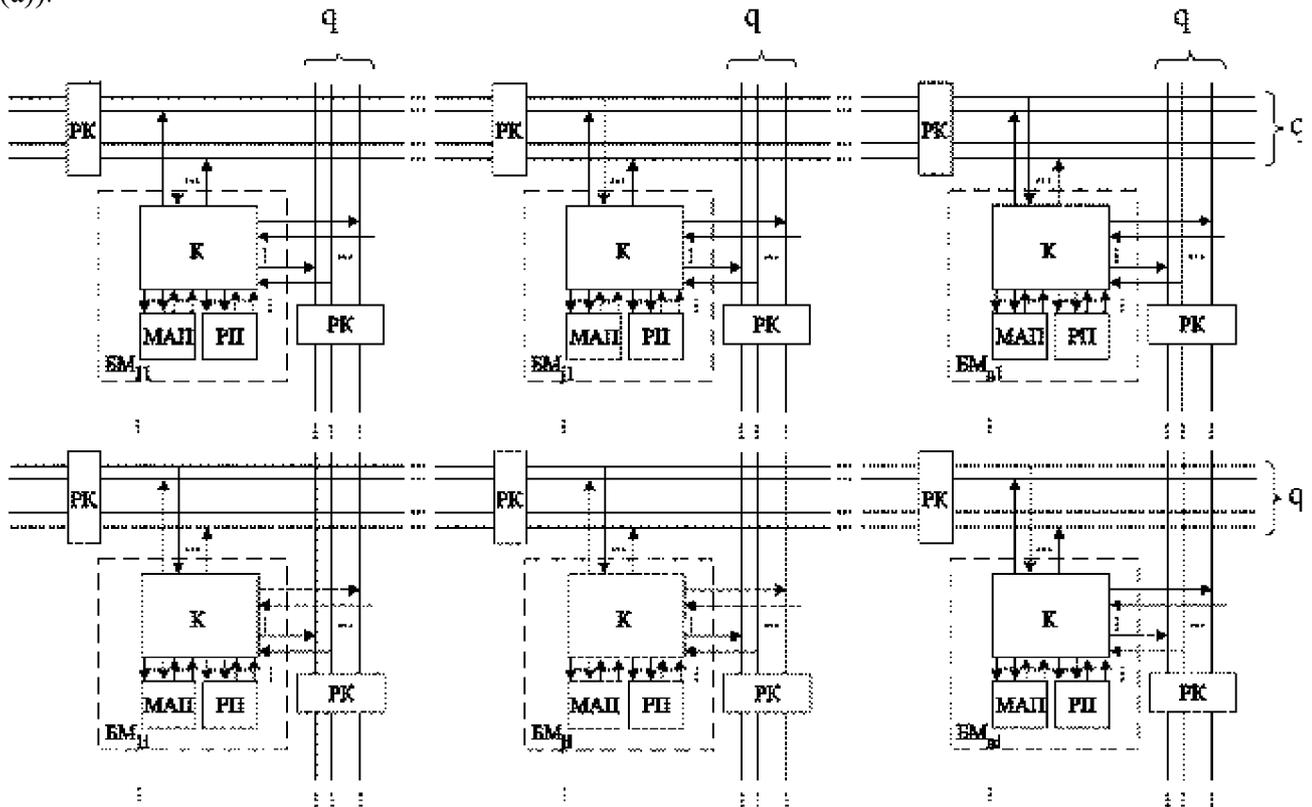


Рисунок 2 – Организация мультипроцессора с ортогональной коммутационной структурой: БМ – базовый модуль, содержащий устройство МАП и память РП

Вариант схмотехнической реализации такого коммутатора приведен на рисунке 3(б), из которого следует, что структурная сложность многоканального переключателя определяется как количеством линий связи m между p_1 источниками и p_2 приемниками, так и разрядностью настроечных кодов R_1 и R_2 , необходимых для динамического программирования соединений устройств-источников и устройств-приемников.

Кроме варианта полного программирования соединений, для различных уровней графа задачи полезными являются усеченные варианты программирования с единственной группой настроечных кодов R_1 или R_2 , которые соответствуют программируемой коммутации входного или выходного потоков данных или сообщений (рис. 4).

Известным недостатком полносвязной коммутации являются квадратичные затраты оборудования на построение многоканального переключателя. Менее очевидными, но не менее важными являются затраты оборудования на вычисление настроечных кодов и их разрядность, которые с линейным увеличением количества источников p_1 и приемников p_2 увеличиваются по экспоненциальному закону, так как имеет место комбинаторный характер

количества связей между источниками и приемниками коммутации.

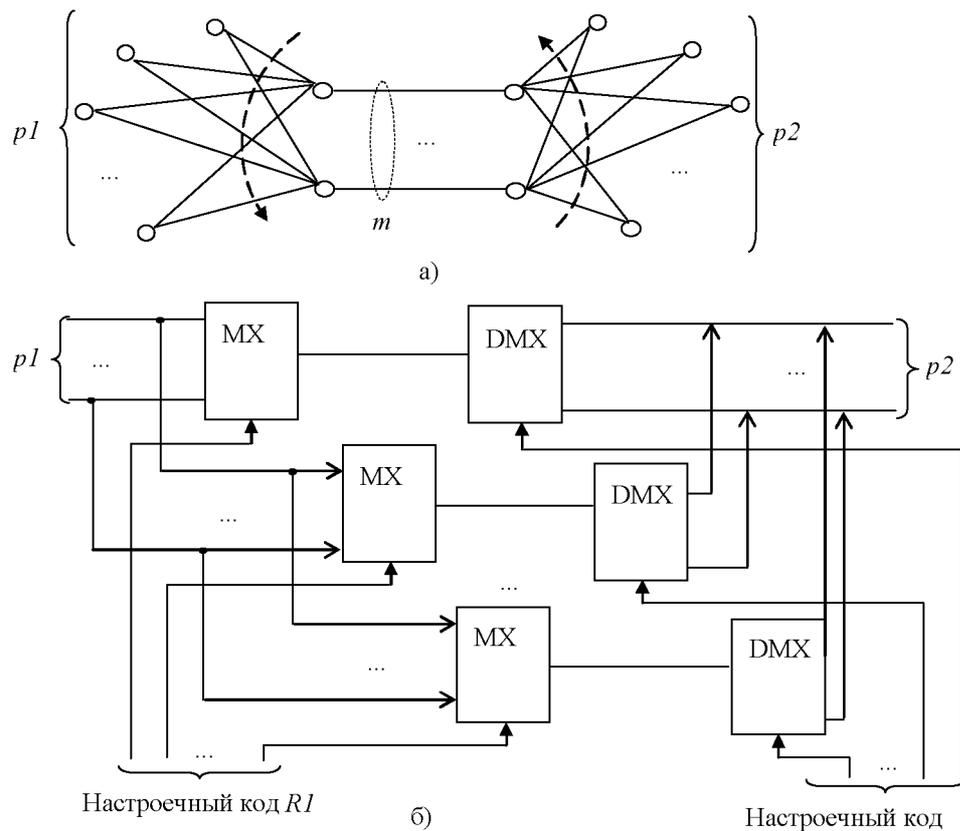


Рисунок 3 – Полносвязный программируемый переключатель: а) общая схема коммутации, б) схематехническая реализация m -связного переключателя ($m \leq 2^{R1+R2}$)

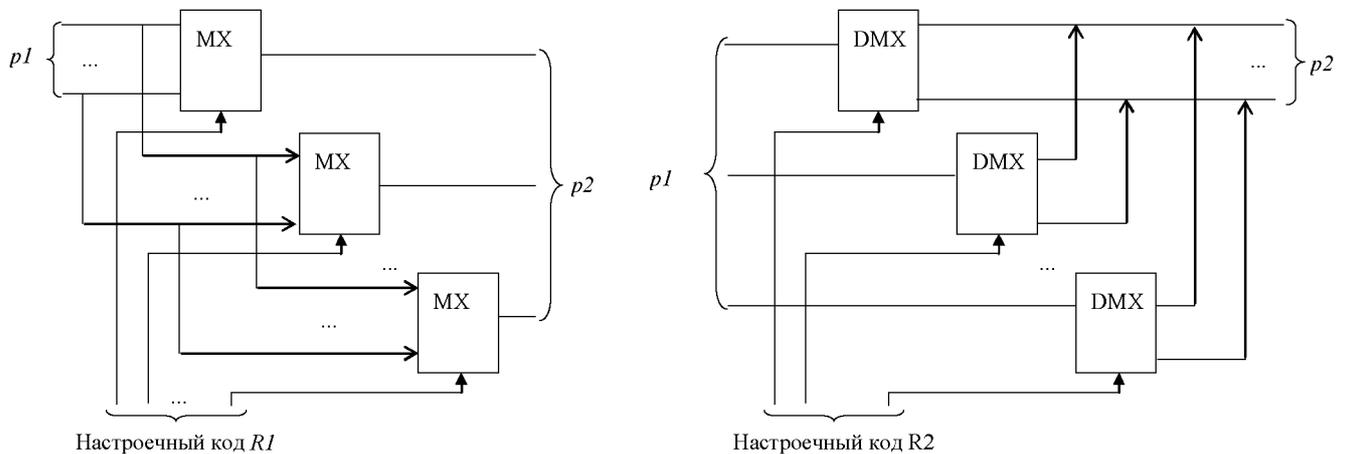


Рисунок 4 – Схематехнические реализации усеченных вариантов программируемого переключателя

Таким образом, сохраняется противоречие между мощностью жестких КС с избыточными затратами времени на полносвязную коммутацию и гибкостью программируемых КС с избыточными аппаратными затратами на полносвязную коммутацию. Данное противоречие определяет переход к распределенной программируемой вычислительно-коммутационной структуре. Сущность распределенной программируемой КС будет заключаться в чередовании между собой вычислительных и коммутационных устройств, что приводит к незавершенной программно-настраиваемой структуре мультимикропроцессора ОСИ. Минимальной единицей операционной части реконфигурируемого

МП становится вычислительно-коммуникационное устройство, имеющее блоки обработки, аранжированные входными/выходными элементами коммутации. Вычислительные действия в таких устройствах включают программную настройку как естественные шаги выполнения общего алгоритма решения.

ОРГАНИЗАЦИЯ РЕКОНФИГУРИРУЕМОГО МУЛЬТИПРОЦЕССОРА ОСИ

Реконфигурируемый мультипроцессор ОСИ (рис. 5) содержит ассоциативную память (АП) для активаций продукции и решающую матрицу продукционных вычислительных устройств (ПВУ) общим количеством $N \times N$, где N – число продукции в ПС. Каждое из ПВУ реализует только одну продукцию исчислительной ПС, взаимодействуя с удаленными ПВУ через распределенную КС или блоки РП. Оценка степени загрузки решающей матрицы ПВУ осуществляется блоком множественного анализа конфликтных ситуаций, который обеспечивает необходимой информацией блок реконфигурации (БРК). БРК динамически программирует связи между соседними ПВУ под текущий тип параллелизма данных на текущем уровне графа задачи. Распознавание конфликтных ситуаций в составе входных данных позволяет выполнять динамическую реконфигурацию ПВУ с многообразием вариантов соединений от конвейерной организации ПВУ до параллельного соединения ПВУ в составе N линеек решающей матрицы. Варианты организации линейки решающей матрицы символического МП соответствуют стратегиям И-параллельного и ИЛИ-параллельного выводов.

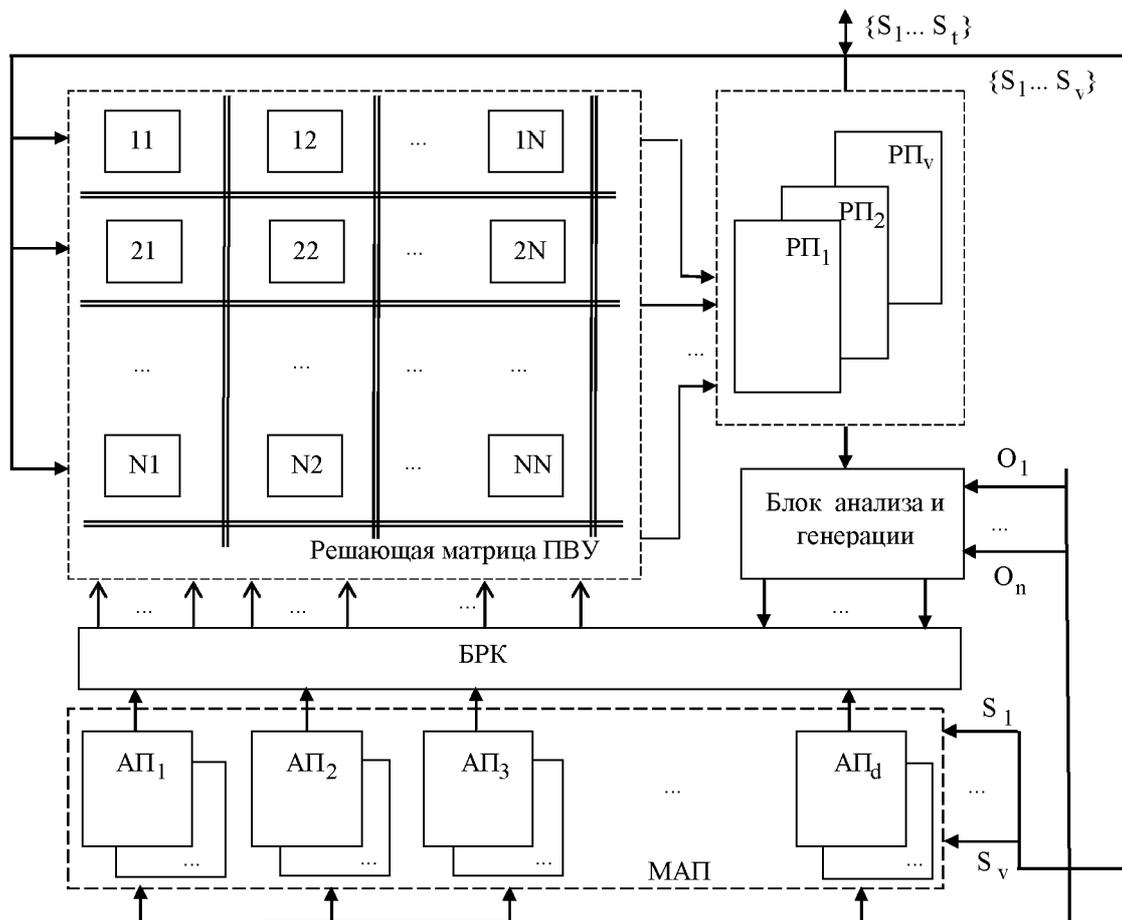


Рисунок 5 – Структурная схема реконфигурируемого мультипроцессора ОСИ: S – слово (данные), t – количество входных слов, v – количество обрабатываемых слов, d – количество модулей АП

Основу вычислительных действий в реконфигурируемом мультипроцессоре ОСИ составляет продукционное вычислительное устройство. ПВУ как функциональное завершённое устройство аппаратно реализует базовые операции поиска вхождений и подстановки. Соответственно ПВУ содержит блок поиска и блок подстановки, имеющие

преимущественно матричную организацию. Также ПВУ содержит входной мультиплексор на $p1$ входов и выходной демультиплексор на $p2$ выходов, управляемые настроечными значениями $G1_{ij}$ и $G2_{ij}$, которые формируются в БРК (рис. 6).

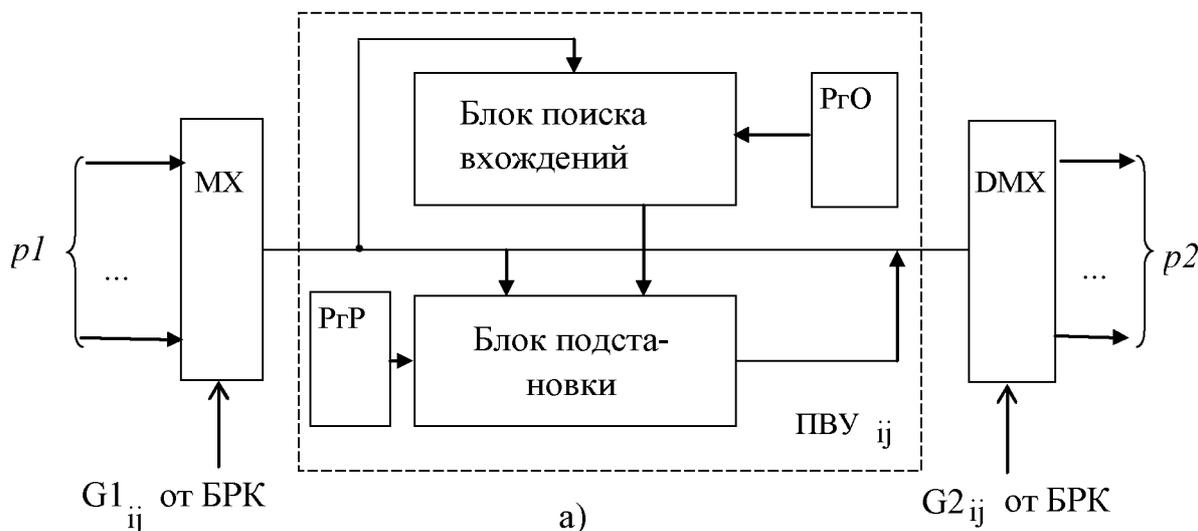


Рисунок 6 – Общая организация ПВУ реконфигурируемого мультипроцессора ОСИ

В работе [5] описана организация решающей матрицы с ПВУ, имеющей два коммутируемых входа/выхода (рис. 7(а)). Особенность данной организации заключается в «диагональном» расположении ПВУ и их соединении с РП и между собой. Диагональ ПВУ содержит все продукции исчислительной системы, причем в силу однородности правил не имеет смысла осуществлять пересылки продукции (как данных) между ПВУ, подстраиваясь под граф конкретной задачи ОСИ. Диагональное расположение ПВУ, дополненное входным мультиплексором и выходным демультиплексором, позволяют настроить решающую матрицу под любой уровень графа задачи и последовательно по уровням осуществить аппаратную поддержку ветвящихся продукционных процессов. Данный подход представляется оправданным при условии того, что время ассоциативного поиска по d модулям АП существенно меньше времени генерации вывода в решающей матрице. В противном случае медленная работа модулей АП приведет к останову генерации вариантов решений в решающей матрице ПВУ и ожиданию входного потока данных – сопоставленных в модулях АП слов $\{S_1 \dots S_v\}$.

Для согласования работы модулей АП и решающей матрицы ПВУ в реконфигурируемом МП вводится структурная избыточность в виде N столбцов с возможностью настройки и параллельной генерации до N уровней графа решения задачи. Сбалансированность нагрузки двух взаимодействующих однородных вычислителей операционной части (модулей АП и матрицы ПВУ) достигается за счет программируемого подключения новых столбцов матрицы под вновь порождаемые уровни графа решения задачи.

В развитие «диагонального» расположения ПВУ в пределах столбца решающей матрицы и для поддержки параллельной работы до M столбцов решающей матрицы ($M \leq N$) предлагается конкретизация ПВУ с четырьмя источниками и четырьмя приемниками данных (рис. 7(б)).

В ПВУ с коммутацией 4×4 вторые входы/выходы программируются на связь соседних ПВУ при их диагональном расположении. Четвертые входы/выходы программируются на обратную связь, что позволяет в отличие от ПВУ с коммутацией 2×2 осуществлять циклическую обработку слов в пределах одной диагонали без транзитных пересылок через РП и потерь времени на эти действия

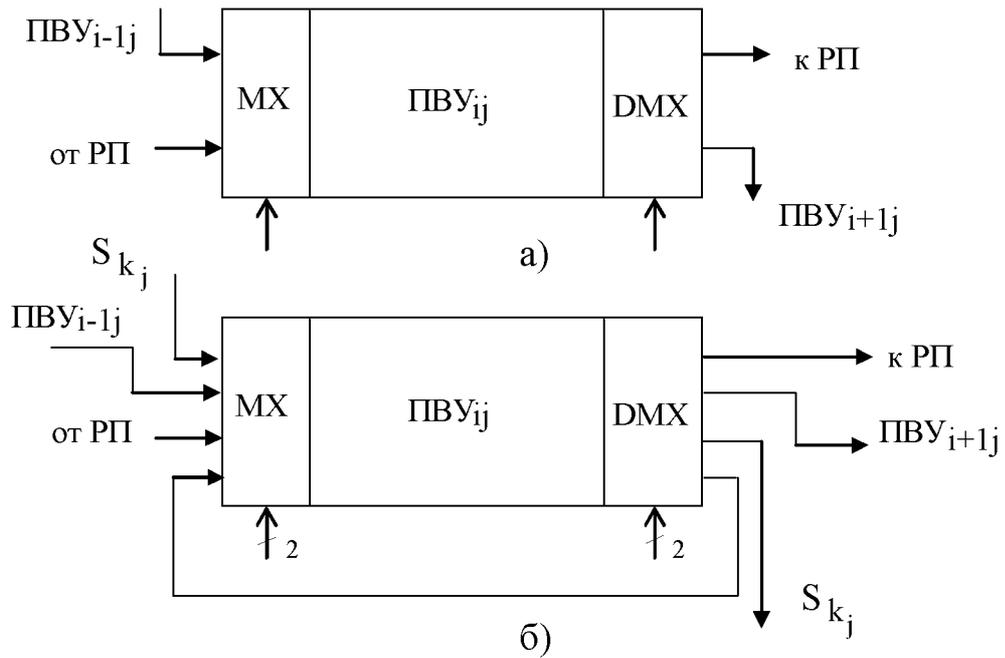


Рисунок 7 – Обозначения ПВУ: а) коммутация 2×2; б) коммутация 4×4;
 S_{kj} – внешний информационный сигнал

На рисунке 8 представлена организация одного столбца решающей матрицы с ПВУ, имеющими коммутацию 2×2. Главные недостатки данной организации связаны с потерей времени на транзитную передачу слов $\{S_1 \dots S_v\}$ через РП с выхода на вход одного и того же ПВУ и потерей времени на транзитную передачу входных слов через вход S_0 на вход произвольного ПВУ. Программирование ПВУ на определенный тип параллелизма осуществляется в блоке реконфигурации, результаты настройки на структуру уровня графа задачи хранятся в виде двоичных векторов G_1 и G_2 , каждый бит которых отвечает за входную или выходную коммутацию в ПВУ.

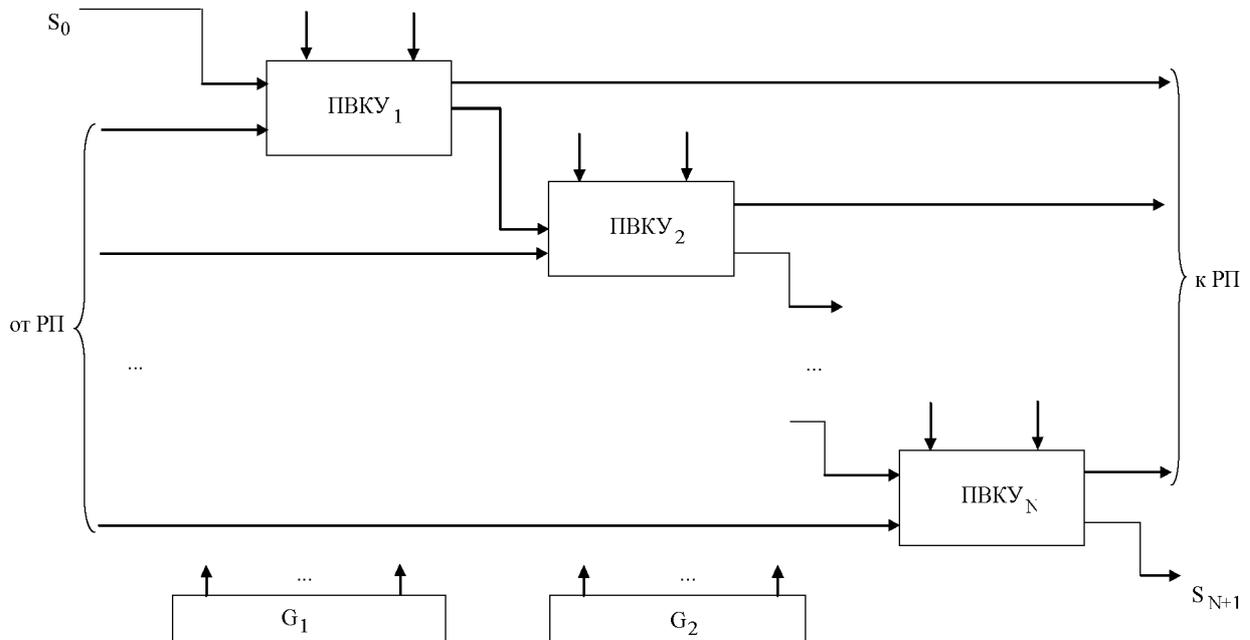


Рисунок 8 – Программируемая структура линейки решающей матрицы на основе ПВУ с коммутацией 2×2

На рисунке 9 представлена организация одного столбца решающей матрицы с ПВУ, имеющими коммутацию 4×4 . Отличительная особенность ниже представленной организации заключается в повышении гибкости связей ПВУ между собой и внешними источниками слов $\{S_1 \dots S_v\}$. С одной стороны, введение локальных обратных связей в ПВУ повышает автономность их работы. С другой стороны, введение общих программируемых информационных входа и выхода в каждом ПВУ обеспечивает гибкость транзитных пересылок и уменьшает непродуктивные затраты времени на транзит, что особенно важно при обеспечении полнодоступности связей любых ПВУ столбца решающей матрицы.

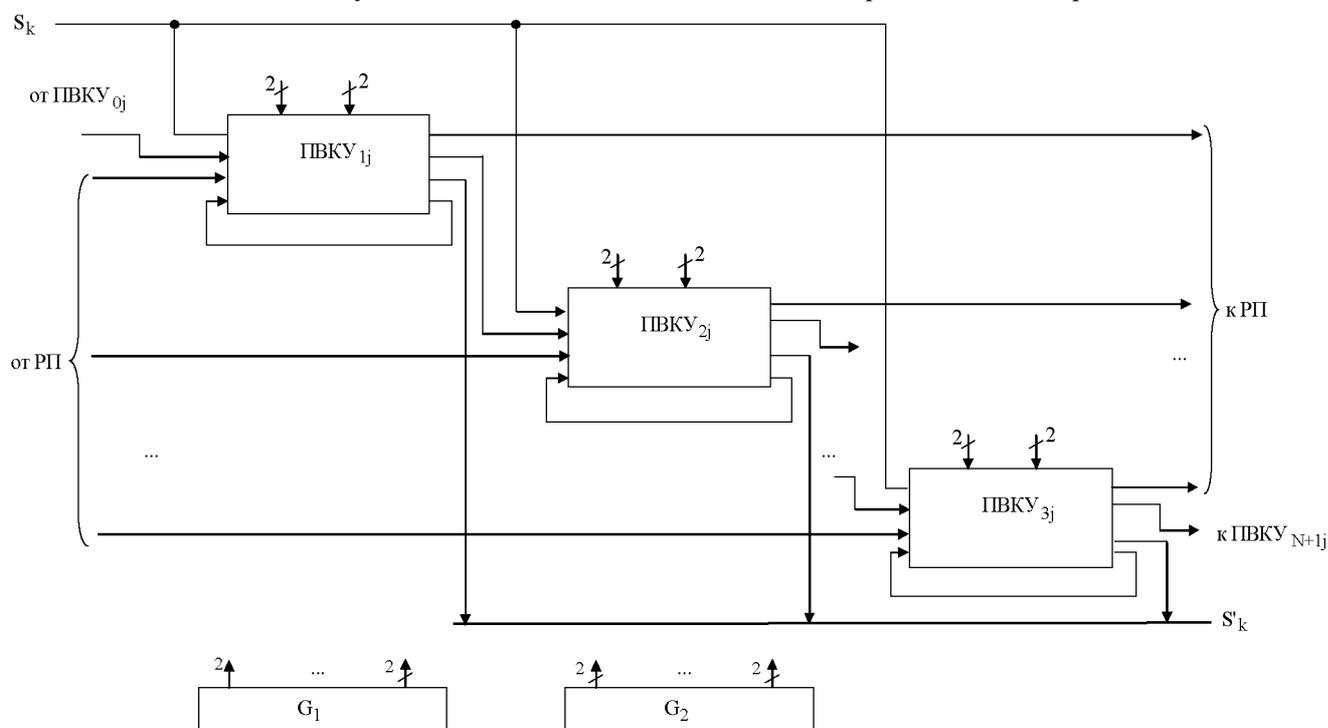


Рисунок 9 – Программируемая структура линейки решающей матрицы на основе ПВУ с коммутацией 4×4

Программирование ПВУ на определенный тип параллелизма также осуществляется в блоке реконфигурации, группа 2-х бит двоичных векторов G_1 и G_2 отвечает за входную или выходную коммутацию в ПВУ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для реализации параллельных ветвящихся процессов на базе исчислительной ПС создан реконфигурируемый мультипроцессор с массовым параллелизмом вычислений, управляемый потоком данных. Управляющий поток данных представляет собой список конфликтных слов и образцов, запускающих на каждом уровне генерации набор активированных продукций. Главные отличительные особенности символического мультипроцессора – однородность структуры ПВУ, реализующих только одну продукцию, динамическая реконфигурация связей ПВУ под структуру текущих обрабатываемых данных, максимизация загрузки ПВУ путем выбора соответствующего набора входных данных с вычисленными коэффициентами параллелизма на них. В реконфигурируемом мультипроцессоре коммутационная подсистема распределена по его структуре в виде настраиваемых программируемых многоканальных переключателей, что обеспечивает динамическую реконфигурацию структуры мультипроцессора под граф решения задачи с точностью до отдельного уровня.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каляев А.В., Левин И.И. Модульно-наращиваемые многопроцессорные системы со структурно-процедурной организацией вычислений. – М.: Изд-во «Янус-К», 2003. – 380 с.
2. Бурцев В.С. Параллелизм вычислительных процессов и развитие архитектуры суперЭВМ: сб. статей / сост. В.П. Торчигин, Ю.Н. Никольская, Ю.В. Никитин. – М.: ТОРУС ПРЕСС, 2006. – 416 с.
3. Ва Б.У. ЭВМ для обработки символьной информации / Б.У. Ва, М.Б. Лоурай, Ли Гоцзе . – ТИИЭР, 1989. – Т. 77. – № 4. – С. 5-40.
4. Люгер Дж.Ф. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 864 с.
5. Довгаль В.М. Методы модификации формальных систем обработки символьной информации. – Курск: КурскГТУ, 1996. – 114 с.
6. Титенко Е.А. Продукционные системы как корректная модель недетерминированных символьных вычислений в реконфигурируемых мультипроцессорах // Известия Тульского государственного университета. – Сер. технол. системотехн. – Вып. 15. – 2006. – С. 31-35.
7. Титенко Е.А. Метод реконфигурации операционной части мультипроцессора структурного распознавания образов // Известия ВУЗов. Приборостроение. – 2009. – Т. 52. – № 2. – С. 52-55.
8. Довгаль В.М. Стратегии быстрых символьных вычислений для исчислительной системы продукции / В.М. Довгаль, В.С. Титов, Е.А. Титенко // Известия ВУЗов. Приборостроение. – 2008. – № 2. – С. 44-48.
9. Титенко Е.А., Евсюков В.С. Продукционные системы и теорема о конфликтных словах // Известия Тульского государственного университета. – Сер. технол. системотехн. – Вып. 15. – 2006. – С. 92-98.

Титенко Евгений Анатольевич

Юго-Западный государственный университет, г. Курск
Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры программного обеспечения
вычислительной техники
Тел.: 8 905 158 89 04
E-mail: johntit@mail.ru

Атакищев Олег Игоревич

Юго-Западный государственный университет, г. Курск
Доктор технических наук, профессор, профессор кафедры программного обеспечения
вычислительной техники
Тел.: 8 (4712) 51-85-34
E-mail: aoi007@mail.ru

E.A. TITENKO (*Candidate of Engineering Sciences, Associate professor of computational sciences department*)

O.I. ATAKISCHEV (*Doctor of Engineering Sciences, Professor of computational sciences department*)
Southwestern State University (Kursk)

**THE COMMUTATION SUBSYSTEM FOR RECONFIGURABLE MULTI-UNIT
OF A COMPUTING OF SYMBOLIC INFORMATION**

This article is show the reconfigurable multiprocessor for tasks of symbolic transformation with multiple parallel computing controlled by the data flow. The commutation subsystem in a reconfigurable multiprocessor has a distributed structure in the form of multi-channel programmable switches.

Keywords: *multi-unit; symbolic computation; graph of the task; the programmable switch.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Kalyaev A.V., Levin I.I., Modul'no-narashhivaemy'e mnogoprocessornye sistemy' so strukturno-procedurnoj organizaciej vy'chislenij. – M.: Izd-vo «Yanus-K», 2003. – 380 s.
2. Burcev V.S. Parallelizm vy'chislitel'ny'x processov i razvitie arxitektury' super-E'VM: sb. statej / sost. V.P. Torchigin, Yu.N. Nikol'skaya, Yu.V. Nikitin. – M.: TORUS PRESS, 2006. – 416 s.
3. Va B.U. E'VM dlya obrabotki simvol'noj informacii / B.u. Va, M.B. Louraj, Li Gocze. – TIIE'R, 1989. – T. 77. – № 4. – S. 5-40.
4. Lyuger Dzh.F. Iskusstvenny'j intellect: strategii i metody' resheniya slozhny'x problem. – M.: Izdatel'skij dom «Vil'yams», 2003. – 864 s.
5. Dovgal' V.M. Metody' modifikacii formal'ny'x sistem obrabotki simvol'noj informacii. – Kursk: KurskGTU, 1996. – 114 s.
6. Titenko E.A. Produkcionny'e sistemy' kak korrektornaya model' nedeterminirovanny'x simvol'ny'x vy'chislenij v rekonfiguriruemy'x mul'tiprocessorax // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. – Ser. texnol. sistemotexn. – Vy'p. 15. – 2006. – S. 31-35.
7. Titenko E.A. Metod rekonfiguracii operacionnoj chasti mul'tiprocessora strukturnogo raspoznavaniya obrazov // Izvestiya VUZov. Priborostroenie. – 2009. – T. 52. – № 2. – S. 52-55.
8. Dovgal' V.M. Strategii by'stry'x simvol'ny'x vy'chislenij dlya ischislitel'noj sistemy' produkcij / V.M. Dovgal', V.S. Titov, E.A. Titenko // Izvestiya VUZov. Priborostroenie. – 2008. – № 2. – S. 44-48.
9. Titenko E.A., Evsyukov V.S. produkcionny'e sistemy' i teorema o konfliktny'x slovax // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. – Ser. texnol. sistemotexn. – Vy'p. 15. – 2006. – S. 92-98.

О.П. АРХИПОВ, Ю.А. МАНЬЯКОВ, Д.О. СИРОТИНИН, А.И. СОРОКИН

ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ МЕТОДА ПОФРАГМЕНТНОГО АНАЛИЗА И ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ НАТУРНОГО ОБЪЕКТА

В статье описываются информационная модель и основные технологические этапы метода пофрагментного анализа и представления изменений натурального объекта. Метод позволяет распознавать и представлять изменения формы и положения различных фрагментов движущихся объектов на основе фото- или видеоизображений для последующего преобразования в 3D-модель.

Ключевые слова: 3D-моделирование; анимация; натуральный объект; захват движения.

ВВЕДЕНИЕ

В наши дни трехмерная графика достаточно широко распространена в различных сферах человеческой деятельности. Трехмерные модели объектов и их анимация используется для создания фильмов и демонстрационных материалов в сфере образования и в средствах массовой информации, в качестве графических интерфейсов для управления различными устройствами [1], а также в качестве дополнения к системам поддержки принятия решений.

Наиболее сложной областью трехмерной графики является моделирование и анимация объектов природы и живых существ ввиду малой структурированности их формы, а также недетерминированности и большой вариативности поведения.

В настоящее время для решения этой проблемы используются дорогостоящие пакеты трехмерной графики [2, 3] и средства, реализующие технологию motion capture [4, 5]. Однако помимо высокой стоимости таких решений, они обладают следующими недостатками:

- результирующая информация, полученная в результате работы этих систем, требует постобработки;
- необходимо размещение различных датчиков, затрудняющих перемещения, а также не имеющие возможность размещения на определенных объектах, например, человеческое лицо;
- выходные данные подвержены помехам, зашумлению, порождающим неточности измерений.

Кроме того, в настоящее время как системы трехмерного моделирования, так и системы захвата движения требуют наличия довольно большого количества технического персонала: операторов, дизайнеров, программистов и т.п.

Технология, призванная устранить описанные выше недостатки, основывается на бесконтактной регистрации изменений объекта с помощью видеокамер и последующей обработке этих изображений с целью получения трехмерной модели объекта, изменяющейся во времени [6, 7]. Ключевой особенностью такой технологии является то, что все изменения натурального объекта описываются с помощью опорных точек (ОТ), однозначно идентифицируемых на всех изображениях динамики объекта.

Одной из проблем, возникающей в процессе создания такой технологии, является проблема распознавания на изображении областей движения и областей изменения геометрии поверхности рассматриваемого объекта (например, движение руки и одновременное появление складок на одежде в результате этого движения). В связи с этим создание функциональной и несложной в применении технологии автоматизации создания трехмерных моделей и их анимации является весьма актуальным.

Для решения этой проблемы необходимо выработать ряд принципов анализа и представления структуры объекта на изображении, представляющих собой метод на основе метода пофрагментного анализа и представления изменений натурального объекта.

Целью данной работы является создание метода пофрагментного анализа изображений и представления изменений натурального объекта с целью распознавания различных областей с характерным типом поведения. Для достижения данной цели необходимо решить ряд задач, а именно: выделить основные технологические компоненты и описать информационную модель данного метода.

МЕТОД ПОФРАГМЕНТНОГО АНАЛИЗА И ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ НАТУРНОГО ОБЪЕКТА

В качестве предметной области исследования был выбран человек, осуществляющий различные движения. Основной идеей метода является декомпозиция изображений объекта на области, ограничивающая движущиеся элементы объекта. Таким образом достигается обособление различных подвижных частей и представление информации о структуре объекта.

Процесс пофрагментного анализа может быть представлен в виде ряда этапов:

1. Генерация маски.
2. Фрагментация объекта.
3. Генерация ОТ.
4. Индексирование ОТ в зависимости от принадлежности фрагментам объекта.

ГЕНЕРАЦИЯ МАСКИ

Источником информации об изменениях формы и положения объекта и его частей являются растровые изображения (I) [8]. Поэтому для анализа объекта сначала необходимо отделить его от фона. Для этого необходимо создать маску – растровое бинарное изображение, обозначающее, является ли каждый его пиксель частью объекта.

$$M = \begin{bmatrix} f_{11} & f_{12} & \dots & f_{1m} \\ f_{21} & f_{22} & \dots & f_{2m} \\ & & \dots & \\ f_{n1} & f_{n1} & \dots & f_{nm} \end{bmatrix}, \quad (1)$$

где $f_{ij} = [1, 0]$ – переменная равна единице в том случае, если данный пиксель изображения принадлежит объекту;

m, n – ширина и высота изображения в пикселях.

Существует довольно много эффективных алгоритмов выделения контуров [9], реализованных в различных графических редакторах, поэтому необходимости в разработке специфического алгоритма и программного обеспечения нет. В связи с этим выделение границ производится в интерактивном режиме с использованием средств графических редакторов. Процесс выделения границ объекта облегчается ввиду принятого решения о съемке объекта на контрастном однородном фоне. Имеющиеся программные средства имеют возможность варьировать диапазон оттенков цвета, попадающих в зону выделения фона, тем самым позволяя наиболее точно выделять контуры объекта.

Процесс создания маски также может производиться в среде графического редактора, путем заливки выделенных на предыдущем этапе областей фона и объекта необходимыми цветами.

ФРАГМЕНТАЦИЯ ОБЪЕКТА

На следующем этапе пофрагментного анализа осуществляется фрагментация объекта на области, ограничивающая его движущиеся части. Это необходимо для формирования информации об общей структуре объекта. Оптимальным с точки зрения фрагментации изображения является метод представления структурированного объекта в виде шарнирной модели [10], представляющей собой иерархически связанную систему звеньев. С каждым

элементом связана локальная система координат, начало координат которой находится в точке соединения с родительским звеном. Корневым элементом является туловище человека.

Для описания скелетной структуры человека было решено использовать 9 скелетных точек в местах подвижных соединений частей движущегося объекта (рис. 1).



Рисунок 1 – Скелетная модель

На следующем этапе осуществляется фрагментация изображения на области, ограничивающая каждый из движущихся элементов объекта (рис. 2).



Рисунок 2 – Фрагментация объекта

Данная структура может быть описана в виде смежных отрезков. Иерархия описывается указанием индекса родительского звена.

$$S = [(p_n, p_k, i)_1, \dots, (p_n, p_k, i)_q], \quad (2)$$

где p_n и p_k – координаты (x, y) начальной и конечной точек отрезка, описывающего звено скелетной модели на плоскости изображения;

i – индекс родительского звена скелетной модели.

Декомпозиция изображения на фрагменты осуществляется с использованием четырехугольников (ограничивающих областей), связанных с элементами шарнирной модели и ограничивающих каждый из движущихся элементов объекта:

$$F = \{p_1, p_2, p_3, p_4\}_i, \quad (3)$$

где p_1, p_2, p_3, p_4 – вершины, ограничивающего область многоугольника;
 $i = \overline{1, r}$ – индекс ограничивающей области.

ГЕНЕРАЦИЯ ОПОРНЫХ ТОЧЕК

Далее осуществляется генерация на объекте ОТ с целью описания изменения поверхности объекта. Процесс генерации ОТ подробно рассмотрен в [11], в обобщенном виде он состоит из следующих этапов:

1) аппроксимация цветового пространства изображений. Создание цветовой индексной палитры (ЦИП).

Данные ЦИП хранятся в следующем виде:

$$A = \begin{bmatrix} R_1 & G_1 & \dots & B_1 \\ R_2 & G_2 & \dots & B_2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ R_l & G_l & \dots & B_l \end{bmatrix}, \quad (4)$$

где R, G, B – цветовые характеристики красного, зеленого и синего составляющего.

2) сегментация изображений по цветовым характеристикам пикселей.

Сегментация изображения заключается в выделении областей из совокупности пикселей, индексы, цвета которых идентичны. Для выделенных областей вычисляются координаты границ:

$$Sg = \begin{bmatrix} Tl_1 & Br_1 \\ Tl_2 & Br_2 \\ \dots & \dots \\ Tl_m & Br_m \end{bmatrix}, \quad (5)$$

где Tl, Br – координаты верхней левой и нижней правой точек области;

$$Tl = (x, y), Br = (x, y).$$

3) структурирование сегментированных зон.

Структурирование сегментированных зон делит исходную область на структурирующие прямоугольники. СП описывается координатами x и y , верхней левой и нижней правой точки, а так же состоянием прямоугольника. Состояние СП определяет необходимость его рассмотрения в процессе генерации опорных точек.

$$\begin{bmatrix} tlx_1 & tly_1 & brx_1 & bry_1 & s \\ tlx_2 & tly_2 & brx_2 & bry_2 & s \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ tlx_n & tly_n & brx_n & bry_n & s \end{bmatrix}, \quad (6)$$

где tlx, tly, brx, bry – значения координат левой верхней и правой нижней точек структурирующего прямоугольника;

s – состояние структурирующего прямоугольника;

4) генерация опорных точек на плоских изображениях.

Генерация опорных точек (ОТ) заключается в выборе пикселя в СП, определении его координат и присвоении ему уникального идентификатора.

В качестве такого пикселя берется точка СП, расположенная на пересечении диагоналей. В результате генерации ОТ будет получена совокупность пикселей:

$$OT = \begin{bmatrix} x1_1 & y1_1 & x2_1 & y2_1 & id \\ x1_2 & y1_2 & x2_2 & y2_2 & id \\ & & \dots & & \\ x1_n & y1_n & x2_n & y2_n & id \end{bmatrix}, \quad (7)$$

где $x1, y1, x2, y2$ – координаты опорных точек на соответствующих стереопарах;
 id – идентификатор опорных точек.

ИНДЕКСИРОВАНИЕ ОТ

Затем производится индексирование сгенерированных на предыдущем этапе ОТ по принадлежности к ограничивающим областям. Это производится с целью однозначной идентификации набора ОТ, описывающих изменения поверхности в данной области, с каждым из движущихся фрагментов объекта.

После фрагментации в интерактивном режиме известны координаты вершин четырехугольника. Для определения принадлежности точки четырехугольнику необходимо вычислить его площадь. Так как известны координаты всех вершин, то площадь (S_1) можно вычислить по сумме площадей двух треугольников ABC и ACD (рис. 3).

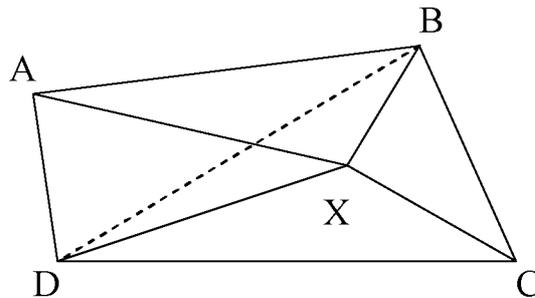


Рисунок 3 – Определение принадлежности точки четырехугольнику

Точка, принадлежность которой необходимо проверить (X), разбивает четырехугольник на треугольники (AXB, BXC, CXD, DXA), площади которых последовательно вычисляются, после чего суммируются. В результате становится известна площадь четырехугольника, образованного ими – S_2 . Если площади S_1 и S_2 равны, можно утверждать, что точка X принадлежит четырехугольнику ABCD. Таким образом, индексированные ОТ можно представить следующим образом:

$$OT^i = [(OT, f)_1, \dots, (OT, f)_n], \quad (7)$$

где f – индекс фрагмента изображения, которому принадлежит опорная точка (ОТ).

ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ

На основании вышеизложенного общий вид схемы информационной модели можно представить способом, изображенным на рисунке 4. Исходной информацией в данной модели является серия изображений (стереопар) динамики объекта. Далее производится генерация маски, позволяющая отделить объект от фона на изображениях. Затем производится фрагментация объекта на изображениях, результатом чего будет скелетная модель и совокупность фрагментов объекта. Параллельно производится генерация ОТ. Финальным этапом является индексация ОТ по принадлежности к тем или иным фрагментам объекта, результатом будут координаты ОТ, на плоскости изображений стереопар, содержащих информацию о фрагментах объекта, к которым они принадлежат.

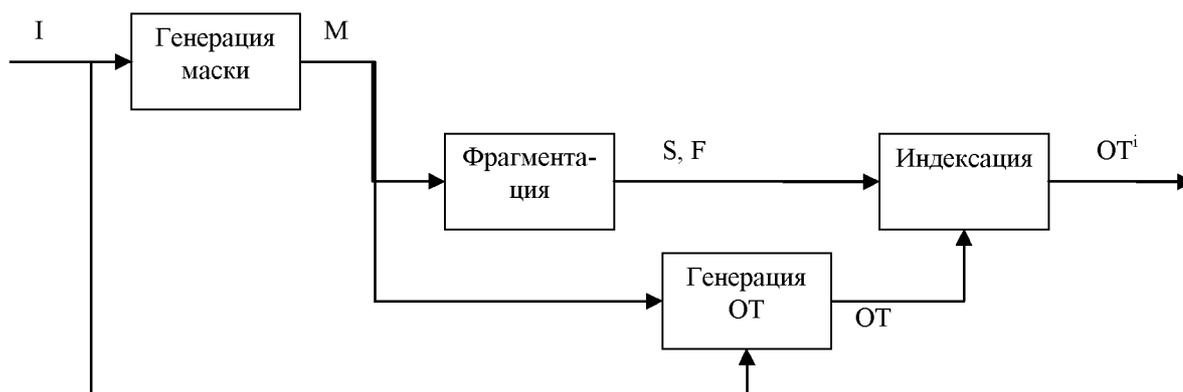


Рисунок 4 – Схема информационной модели метода пофрагментного анализа и представления изменений натурального объекта

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе были сформулированы и рассмотрены основные этапы метода пофрагментного анализа и представления изменений натурального объекта, а именно: генерация маски, фрагментация объекта, генерация ОТ, индексирование ОТ, на основе которых возможно осуществлять выделение различных областей с характерным типом поведения. Была представлена информационная модель метода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алферов Г.В. Информационные системы виртуальной реальности в мехатронике и робототехнике: учеб. пособие / Г.В. Алферов, Ф.М. Кулаков, А.И. Нечаев, С.Э. Чернакова. – СПб.: «СОЛО», 2006. – 146 с.
2. Пшеничнов С. Мауа в реальном времени. – Компьютер Пресс, 2004. – № 2. – С. 183-187.
3. Разработка и исследование информационной технологии морфинга 3D-объекта на основе данных натурального эксперимента: отчет о НИР (промежуточный) / Орловский филиал Учреждения Российской академии наук Института проблем информатики РАН (ОФ ИПИ РАН); руководитель О.П. Архипов. – № ГР 0120.0 801691; Инв. №. 02.2.00 900181. – Орел, 2008. – 129 с.
4. Motion Capture Systems from Vicon [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.vicon.com> (дата обращения 13.10.2011).
5. Motion Analysis Corporation, the Motion Capture Leader [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.motionanalysis.com> (дата обращения 13.10.2011).
6. Маньяков Ю.А. Метод регистрации морфинга трехмерного объекта на основе данных натурального эксперимента / Ю.А. Маньяков, О.П. Архипов, Д.О. Сиротинин // Системы и средства информатики. – М.: ТОРУС ПРЕСС, 2010. – Вып. 20. – № 1. – С. 90-104.
7. Разработка и исследование информационной технологии морфинга 3D-объекта на основе данных натурального эксперимента: отчет о НИР (заключительный) / Орловский филиал Учреждения Российской академии наук Института проблем информатики РАН (ОФ ИПИ РАН); Руководитель О.П. Архипов. – № ГР 0120.0 801691; Инв. № 02.2.00 900181. – Орел, 2010. – 142 с.
8. Маньяков Ю.А. Вариант построения сетки опорных точек по цветовым данным растрового изображения / Ю.А. Маньяков, О.П. Архипов, Д.О. Сиротинин // Известия ОрелГТУ. – Орел: ОрелГТУ, 2008. – № 4. – С. 34-39.
9. Шапиро Л., Стокман Дж. Компьютерное зрение: пер. с англ. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2006. – 752 с.
10. Цискаридзе А.К. Математическая модель и метод восстановления позы человека по стереопаре силуэтных изображений // Информатика и её применения. – М.: ИПИ РАН, 2010. – Том 4. – Вып. 4. – С. 26-32.
11. Сиротинин Д.О. Информационная модель характеристики натурального объекта в пространстве сцены на основе двухмерных изображений // Информационные технологии

в науке, образовании и производстве. – ИТНОП-2010: материалы IV-й Международной научно-технической конференции, г. Орел, 22-23 апреля 2010 г. – В 5-ти т. – Т. 3. – Орел: ОрелГТУ, 2010. – С. 292-298.

Архипов Олег Петрович

Орловский филиал Учреждения Российской академии наук Института проблем информатики РАН,
г. Орел

Кандидат технических наук, старший научный сотрудник, директор ОФ ИПИ РАН

Тел.: 8 (4862) 33-57-41

E-mail: ofran@orel.ru

Маньяков Юрий Анатольевич

Орловский филиал Учреждения Российской академии наук Института проблем информатики РАН,
г. Орел

Кандидат технических наук, научный сотрудник

Тел.: 8 915 508 15 64

E-mail: maniakov_yuri@mail.ru

Сиротинин Денис Олегович

ФГБОУ ВПО «Госунiversитет – УНПК», г. Орел

Ассистент кафедры «Информационные системы»

Тел.: 8 905 046 38 70

E-mail: vespert@mail.ru

Сорокин Андрей Иванович

Орловский филиал Учреждения Российской академии наук Института проблем информатики РАН,
г. Орел

Инженер-исследователь

Тел.: 8 910 301 81 22

E-mail: webdi@mail.ru

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

Yu.A. MANIAKOV (*Candidate of Engineering Sciences, The research assistant*)
The branch of the Institute of informatics problems, Orel,

D.O. SIROTININ (*The assistant of the department «Information systems»*)
State University – ESPC, Orel

A.I. SOROKIN (*The engineer-researcher*)
The branch of the Institute of informatics problems, Orel

**THE INFORMATION MODEL OF FULL-SCALE OBJECT
FRAGMENT-BY-FRAGMENT ANALYSIS AND REPRESENTATION METHOD**

The information model and general technology steps of full-scale object fragment-by-fragment analysis and representation method are described in the article. This method allows to detect and represent shape and location changes of moving objects' fragments based on photo or video images in order to convert to 3D-models.

Keywords: 3D-modeling; animation; full-scale object; motion capture.

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Alfeyorov G.V. Informacionny'e sistemy' virtual'noj real'nosti v mexatronike i robotexnike: ucheb. posobie / G.V. Alfeyorov, F.M. Kulakov, A.I. Nechaev, S.E'. Chernakova. – SPb.: «SOLO», 2006. – 146 s.
2. Pshenichnov S. Maya v real'nom vremeni. – Komp'yuter Press, 2004. – № 2. – S. 183-187.
3. Razrabotka i issledovanie informacionnoj texnologii morfinga 3D-ob'ekta na osnove danny'x naturnogo e'ksperimenta: otchyot o NIR (promezhutochny'j) / Orlovskij filial Uchrezhdeniya Rossijskoj akademii nauk Instituta problem informatiki RAN (OF IPI RAN); rukovoditel' O.P. Arxipov. – № GR 0120.0 801691; Inv. №. 02.2.00 900181. – Oryol, 2008. – 129 s.

4. Motion Capture Systems from Vicon [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.vicon.com> (data obrashheniya 13.10.2011).
5. Motion Analysis Corporation, the Motion Capture Leader [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.motionanalysis.com> (data obrashheniya 13.10.2011).
6. Man'yakov Yu.A. Metod registracii morfinga tryoxmernogo ob''ekta na osnove danny'x naturnogo e'ksperimenta / Yu.A. Man'yakov, O.P. Arxipov, D.O. Sirotinin // Sistemy' i sredstva informatiki. – M.: TORUS PRESS, 2010. – Vy'p. 20. – № 1. – S. 90-104.
7. Razrabotka i issledovanie informacionnoj texnologii morfinga 3D-ob''ekta na osnove danny'x naturnogo e'ksperimenta: otchyot o NIR (zaklyuchitel'ny'j) / Orlovskij filial Uchrezhdeniya Rossijskoj akademii nauk Instituta problem informatiki RAN (OF IPI RAN); rukovoditel' O.P. Arxipov. – № GR 0120.0 801691; Inv. №. 02.2.00 900181. – Oryol, 2010. – 142 s.
8. Man'yakov Yu.A. Variant postroeniya setki oporny'x toчек po czvetovy'm danny'm rastrovogo izobrazheniya / Yu.A. Man'yakov, O.P. Arxipov, D.O. Sirotinin // Izvestiya OryolGTU. – Oryol: OryolGTU, 2008. – № 4. – S. 34-39.
9. Shapiro L., Stokman Dzh. Komp'yuternoe zrenie: per. s angl. – M.: Binom. Laboratoriya znaniy, 2006. – 752 s.
10. Ciskarodze A.K. Matematicheskaya model' i metod vosstanovleniya pozy' cheloveka po stereopare silue'tny'x izobrazhenij // Informatika i eyo primeneniya. – M.: IPI RAN, 2010. – Tom 4. – Vy'p. 4. – S. 26-32.
11. Sirotinin D.O. Informacionnaya model' xarakterizacii naturnogo ob''ekta v prostranstve sceny' na osnove dvuxmerny'x izobrazhenij // Informacionny'e texnologii v nauke, obrazovanii i proizvodstve. – ITNOP-2010: materialy' IV-jMezhdunarodnoj nauchno-texnicheskoj konnferencii, g. Oryol, 22-23 aprelya 2010 g. – V 5-ti t. – T. 3. – Oryol: OryolGTU, 2010. – S. 292-298.

ЯЗЫК МЕТАОПИСАНИЙ ДЛЯ СИСТЕМЫ АНАЛИЗА ДАННЫХ

Статья посвящена разработке языка разметки EAML для формализации описания структуры данных и расчетных модулей энтропийного метода анализа. Определяются основные приемы составления системных профилей, интегрирующих возможности отладки, тестирования и визуализации результатов анализа.

Ключевые слова: метаописание; анализ данных; энтропийный метод; многокритериальный выбор; системный аудит; функциональные показатели; сложные системы.

ВВЕДЕНИЕ

Достижения в области информационных систем и искусственного интеллекта привели к появлению мощных систем интеллектуального анализа данных. В качестве аргумента в обоснование необходимости развития и реализации подходов, характерных для анализа данных, рассматривается известный тезис об *уникальности, беспрецедентности объектов* наблюдения и/или их совокупности и об отсутствии или низкой надежности образцов видов состояния (особенно критических) для выбора модели и управления.

Понятие уникальности объекта(ов) наблюдения используется как обобщение методических трудностей, возникающих при работе с реальными данными – отсутствие доказательств полноты группы и принадлежности к одной генеральной совокупности, различие в природе и размерности показателей, скрытые корреляции и систематические погрешности измерений показателей, малые размеры выборок и пробелы в данных.

Стандартным инструментом для решения задач анализа данных и разработки решающих правил стали технологии OLAP и Data mining, а для формализации решающих правил – инструментальные средства и на основе специализированных языков высокого уровня с объектно-ориентированными моделями типа CLIPS и LISP.

Существенным недостатком реализуемых таким образом специализированных программных пакетов для анализа данных является их статичность – один или несколько устойчивых тестов (критериев), адаптированных под конкретный набор данных и реализованных в едином алгоритме от ввода данных до визуализации результатов.

В существующих технологиях без внимания остались более гибкие подходы, обеспечивающие интеграцию компонентов аналитических систем общими синтаксическими правилами, например, метаописанием их поведения. Вполне логичным было бы отображать взаимодействие модулей загрузки, подготовки, обработки и анализа данных в виде разветвленной иерархической схемы действий, приводящей к совокупности (комплексу) аналитических заключений, логически и методически связанных между собой.

Именно такой подход реализован и развивается в распределенном программном комплексе (РПК) «ЭнтропияПлюс» [1]. Разветвленная логика энтропийного метода анализа [2-5], положенного в основу РПК, позволяет в полной мере реализовать и эффективно использовать новый подход к организации аналитических систем на базе языка метаописаний EAML.

ЭНТРОПИЙНЫЙ МЕТОД АНАЛИЗА ДАННЫХ

Рассматривается вектор $\mathbf{x} = \{x_i\}_{i=1, \dots, m}$, образованный положительными значениями некоторого показателя X для совокупности R , мощностью m , функционально подобных автономных объектов.

Функциональное подобие здесь понимается как тождественность значимости, размерности и направленности избранных для анализа показателей для всех объектов совокупности. Автономность подразумевает априорную независимость формирования показателей объектов, отсутствие среди избранных показателей очевидного и доказанного аргумента.

Для перехода к вектору безразмерных величин в унифицированном масштабе используется преобразование

$$\mathbf{q} = \left\{ \ln x_i^P \right\}, \quad i = 1, \dots, m,$$

$$P = 1 / \ln \prod_i x_i$$

где

Учитывая внутренние ограничения энтропийного преобразования исходных данных, использующего логарифмирование, для значений элементов вектора \mathbf{x} может потребоваться масштабирование: $\min(\mathbf{x}) \geq \exp(1)$.

Важнейшими свойствами этого преобразования являются:

- аддитивность элементов вектора \mathbf{q} , т.к. для любого подмножества W рассматриваемой совокупности R правило вычисления суммы имеет вид

$$\sum_{i \in W} q_i = \ln \prod_{i \in W} x_i^P;$$

- аддитивность набора векторов $\mathbf{q}_1, \dots, \mathbf{q}_n$, т.к. правило вычисления суммы имеет вид

$$\sum_{j=1}^n \mathbf{q}_j = \left\{ \ln \prod_j x_{i,j}^P \right\}, \quad i = 1, \dots, m, \quad j = 1, \dots, n.$$

В обоих случаях, как для суммы элементов вектора, так и для суммы векторов, формируются мультипликативные функции.

Значение i -го элемента вектора \mathbf{q} численно равно доле i -го объекта в величине производственной функции $\ln \prod_i x_i$ совокупности R по показателю x . Отождествление значения i -го элемента вектора \mathbf{q} с весом или вероятностью выбора i -го объекта по показателю X из совокупности позволяет перейти к отображению энтропийного типа

$$\mathbf{E} = -\mathbf{q} \otimes \ln \mathbf{q} = \{-q_i \ln q_i\}$$

Эта формула подобна определению информационной энтропии по К. Шеннону, что и определило название метода. Вектор \mathbf{E} является моделью генерации информации (информативности) системы i -ыми объектам по показателю X . Сумма элементов вектора \mathbf{E} является количеством информации в системе по показателю X . Элементы E_i вектора являются мерами неопределенности выбора i -го объекта: чем больше E_i , тем больший вес имеет i -ый объект в совокупности и меньше неопределенность (риск) его выбора.

Для вектора \mathbf{q} можно ввести производное (логарифмическое) отображение и получать, соответственно, производные модели информативности

$$\mathbf{L} = \frac{d\mathbf{E}}{d\mathbf{q}} = -\ln \mathbf{q} - 1 = \{-\ln q_i - 1\}$$

Матрица, составленная несколькими векторами \mathbf{E} , является матрицей информативности системы, заданной выбранными для анализа объектами и их показателями. Преобразование исходных данных к единой мере позволяет формировать произвольные модели информативности системы – по показателям и по объектам, частные и обобщенные. Ограничения здесь накладывают только здравый смысл и интерпретируемость конечной модели.

Например, для решения задач ранжирования, многокритериального выбора и декомпозиции системы строятся комбинированные модели показателей с учетом их направленности:

$$\hat{\mathbf{E}} = \sum_{j \in U} a_j \mathbf{E}_j - \sum_{k \in V} b_k \mathbf{E}_k = \left\{ \sum_{j \in U} a_j E_{i,j} - \sum_{k \in V} b_k E_{i,k} \right\},$$

$$\mathbf{\hat{E}} = \sum_{j \in U} a_j \mathbf{L}_j - \sum_{k \in V} b_k \mathbf{L}_k = \left\{ \sum_{j \in U} a_j L_{i,j} - \sum_{k \in V} b_k L_{i,k} \right\},$$

где U и V – подмножества положительно и отрицательно направленных показателей соответственно; a_j и b_k – коэффициенты значимости показателей. В системном аудите анализируется информативность моделей, упорядоченных по индексу объекта, а также их комбинации.

Для эволюционирующих систем, представленных показателями одного объекта на различных этапах развития, открывается возможность анализировать их как системы самостоятельных объектов с индивидуальными функциональными состояниями (рис. 10).

Поскольку разброс частных информативностей объектов, особенно их производных, может быть очень велик, то для моделей используется единый масштаб долей среднеквадратического отклонения

$$\mathbf{E} = \frac{\mathbf{\hat{E}} - M[\mathbf{\hat{E}}]}{\sigma[\mathbf{\hat{E}}]}, \quad \mathbf{L} = \frac{\mathbf{\hat{E}} - M[\mathbf{\hat{E}}]}{\sigma[\mathbf{\hat{E}}]},$$

где $M[\dots]$ и $\sigma[\dots]$ – операторы среднего значения и среднеквадратического отклонения элементов вектора соответственно. Процедура стандартизации позволяет также использовать для построения логарифмических моделей выборочные значения интенсивных показателей типа скоростей, концентраций и т.п.

Ключевая методическая новизна энтропийного метода заключается в отказе от традиционного построения регрессий и симплексов при достигнутой аддитивности операндов. Для анализа состояния и ранжирования объектов используются свойства их

изображающих точек с координатами $(\mathbf{\hat{E}}_i, \mathbf{L}_i)$, полагая, что пара векторов $\mathbf{\hat{E}}$ и \mathbf{L} определяет аналог фазовой плоскости $\mathbf{\hat{E}}(\mathbf{L})$ дискретно заданной системы. При этом оказываются доступными для использования строгие границы и критерии видов состояний систем и их элементов на фазовой плоскости, известные из динамики (теории колебаний).

Для разделения фазовой плоскости на области по видам состояния элементов используются следующие границы:

- главная ось совокупности изображающих точек как предельная линия прямой связи фазовых координат, разделяющая элементы системы по критерию консервативности:

$$r = \frac{1}{m} \sum_i \mathbf{\hat{E}}_i \mathbf{L}_i,$$

где r – тангенс угла наклона главной оси, проходящей через начало координат фазовой

плоскости $\mathbf{\hat{L}}(\mathbf{\hat{E}})$;

- эллипс как предельная линия гармонического решения уравнения связи фазовых координат, разделяющая элементы по критерию устойчивости

$$\frac{u^2}{A^2} + \frac{v^2}{B^2} = 1, \quad A = \sqrt{2 \left(\frac{m-1}{m} + \frac{2r^2}{1+r^2} \right)}, \quad B = \sqrt{2 \left(\frac{m-1}{m} - \frac{2r^2}{1+r^2} \right)},$$

где u и v – фазовые координаты, A и B – большая и малая полуоси эллипса;

- гиперболы с идентичными полуосями

$$\frac{u^2}{A^2} - \frac{v^2}{B^2} = \pm 1,$$

разделяющие элементы системы по уровню диссипативности.

Интерпретация вводимых границ определяется предметной областью показателей. Однако параметры границ от предметной области не зависят, следовательно, они являются фундаментальными и универсальными. Полное изложение энтропийного метода с обоснованием алгоритмов анализа можно найти в [2-5].

ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

1. Разработать определяющие синтаксические и семантические правила языка метаописаний структур и алгоритмов энтропийного метода анализа (ЭМА) на базе расширяемого языка разметки (XML). Создать структуру системно-аналитического профиля (САП) согласно общему определению типа документа (DTD) с сохранением полиморфизма. Ввести систему «ссылочных множеств», представленных уникальными (id) и ссылочными (parentid) идентификаторами для каждого из методов схемы САП с последовательной структурой размещения методов в схеме, где «расчетный выход» одного модуля будет являться «входом» для другого.

2. Создать определение типа документа (DTD) системно-аналитического профиля и его XML-описание согласно DTD. Структуру EAML-документа представить последовательным набором элементов-тэгов, включаемых в корневые элементы-дескрипторы секций экспертного поведения системы. Такие секции разделить на два типа: секция данных (элементы-тэги <matrix>) и секция решений (элементы-тэги <schemas>). Секция данных должна содержать элементы, определяющие источник информации об анализируемой системе: таблицу объектов и показателей, задающих ее поведение; элемент описывающий способ доступа к этому источнику, служебные тэги, необходимые для работы клиент-серверных составляющих экспертной системы. Секция решений должна состоять из элементов задающих схему действий экспертной системы. Схема заполняется методами – тэгами, определяющими математические преобразования секции данных.

КОНЦЕПЦИЯ EAML

Структура САП определяется математической моделью энтропийного метода анализа [2, 3]. Алгоритмы его применения для различных типов данных и математические обоснования приведены в [4].

Далее предлагается сфокусировать свое внимание непосредственно на прикладном аспекте метода и метаописании его математического аппарата в рамках анализа данных, где правомерность всех преобразований вытекает из теоретических основ энтропийного анализа, доказывается и обосновывается в его изложении, поэтому авторы принимают данный подход, как аксиому.

Энтропийный метод анализа разрабатывался с ориентацией на сложноструктурированные и неоднородные данные, содержащие показатели различной природы и размерности; он предполагает возможность построения моделей сколь угодно высокой сложности, но на единой алгоритмической основе. Эта идея определила выбор основных отображений данных, обеспечивающих аддитивность частных (простейших моделей показателей). Тогда более сложные модели, получаемые комбинацией частных, ограничиваются только условиями интерпретируемости, наличием здравого смысла – объективных предпосылок, физических, эмпирических, полуэмпирических моделей показателей.

Иерархическая структура реализации системно-аналитического профиля энтропийного анализа является следствием перечисленных выше свойств выборочных данных и отражает эвристическую природу поиска в системе, представленной таблицей данных подсистем и связей показателей. На старте аналитического процесса возможные результаты и выводы неизвестны, подсистемы и связи показателей только предполагаются, а гипотезы о них только оформляются в виде сложных энтропийных моделей.

В энтропийном методе анализа выделяют следующие математические модели: энтропийная модель выборочных данных, логарифмическая модель, обобщенные и комбинированные модели, инвертированные модели и обобщенные элементы (для простоты ссылок назовем их математическими преобразованиями). Именно правила корректности

записи последовательности преобразований в плоскости ЭМА и определяют семантику языка EAML. Синтаксис и вид записи преобразований в виде дерева отражают эвристически структурированный поиск каких-либо особенностей данных. В его структуре, возможно, будут комбинировать различные математические модели ЭМА, что выражает результат поиска в виде гистограмм и фазовых портретов.

Семантика записи последовательности математических моделей ЭМА позволяет выделить каждое преобразование в отдельный элемент (тэг) со своим набором атрибутов, задающих правила для интерпретатора. Целесообразно будет называть каждый элемент согласно его математической модели. Базовые модели ЭМА и их семантические соответствия элементам EAML показаны на рисунках 1-3.

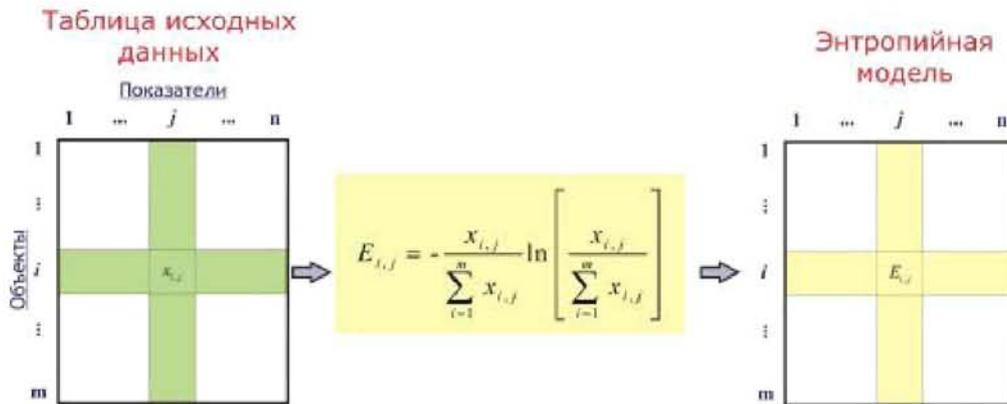


Рисунок 1 – Схема математической модели ЭМА для элемента <энтропийная модель>

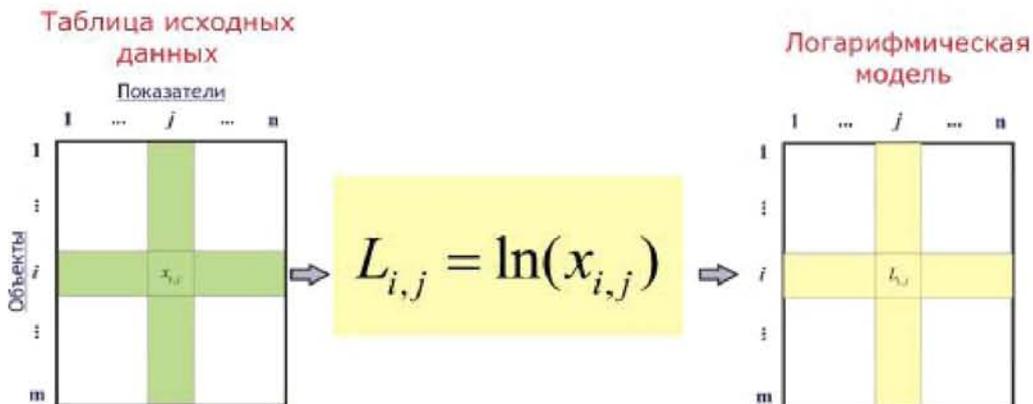


Рисунок 2 – Схема математической модели ЭМА для элемента <логарифмическая модель>

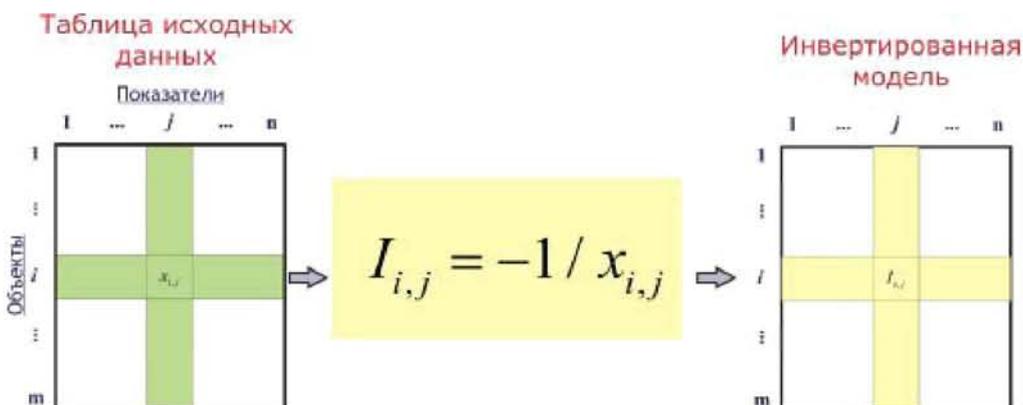


Рисунок 3 – Схема математической модели ЭМА для элемента <инвертированная модель>

Логарифмирование накладывает определенные вычислительные ограничения на исходные данные. Для обеспечения универсальности ЭМА был введен вспомогательный класс элементов: процедуры сдвига элементов в каждом столбце матрицы при

отрицательном или нулевом значении в ячейке, замена цифры ноль в ячейке на среднее значение в данном столбце, масштабирование при малых значениях в ячейках матрицы. Пустые ячейки в матрице заменяются на нулевые значения, затем обрабатываются этими же процедурами. Поэтому в семантику описания EAML необходимо было ввести элементы с соответствующими названиями: <сдвиг>, <замена нуля на среднее значение>, <масштабирование>. На рисунке 4 показана схема одной из таких процедур в EAML.

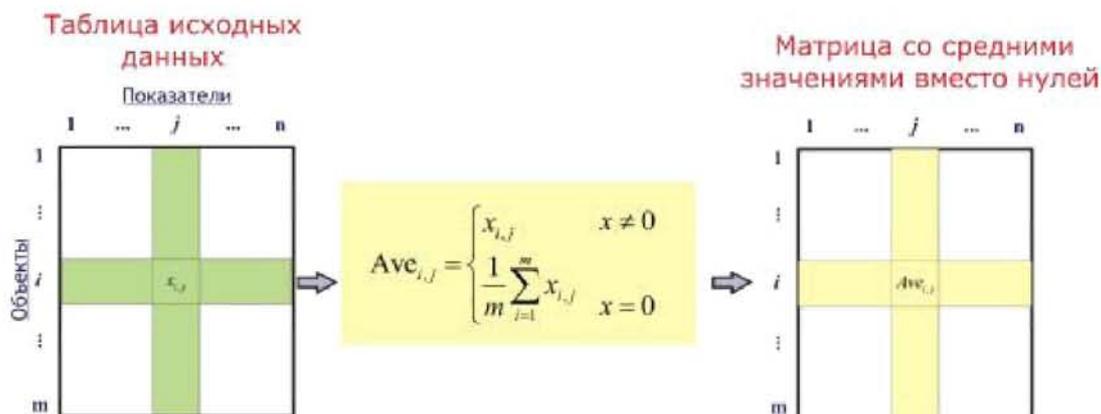


Рисунок 4 – Схема процедуры сдвига матрицы при отрицательном или нулевом значении для элемента <замена нуля на среднее значение>

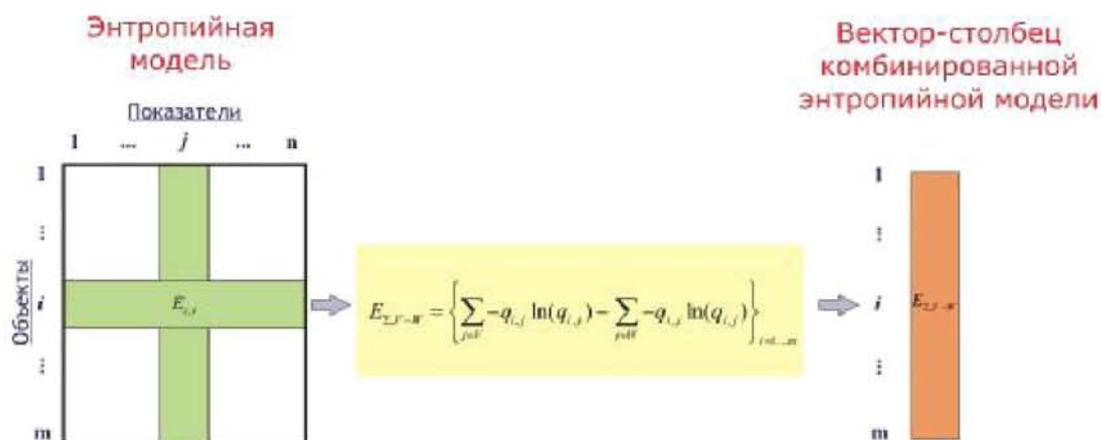


Рисунок 5 – Схема процедуры комбинирования (по столбцам) энтропийной модели для элемента <комбинирование>, где, например, V и W множества вектор-столбцов объектов с положительными и отрицательными характеристиками

Обобщенные и комбинированные модели ЭМА позволяют суммировать элементы матрицы, которые подчиняются переместительному закону (значения в таблице исходных данных с одинаковой фундаментальной характеристикой в одной системе СИ, например, столбцы с показателями напряжения (Вольт), добыча (Тонна) и т.п.). Отсюда имеем возможность определить обобщенную по подмножеству показателей энтропийную модель (рис. 5), а соответствующий семантический элемент обозначим как <комбинирование>.

В зависимости от размерности исходных данных показатели, имеющие один и тот же смысл и отражающие одно и тоже фундаментальное свойство объекта (например масса, теплотворность угля), после отображения логарифмической, инвертированной или комбинированной моделями могут оказаться в различных масштабах (тонна, килограммы, единица условного топлива; теплотворность 1 тонны угля измеренная в мегаваттах или джоулях).

Чтобы обойти это ограничение и перейти к качественному анализу, используется процедура стандартизации (рис. 6), т.е. приведение частных моделей к единой метрике долей собственных среднеквадратичных отклонений. Соответственно, в семантику языка включается элемент <стандартизация>.

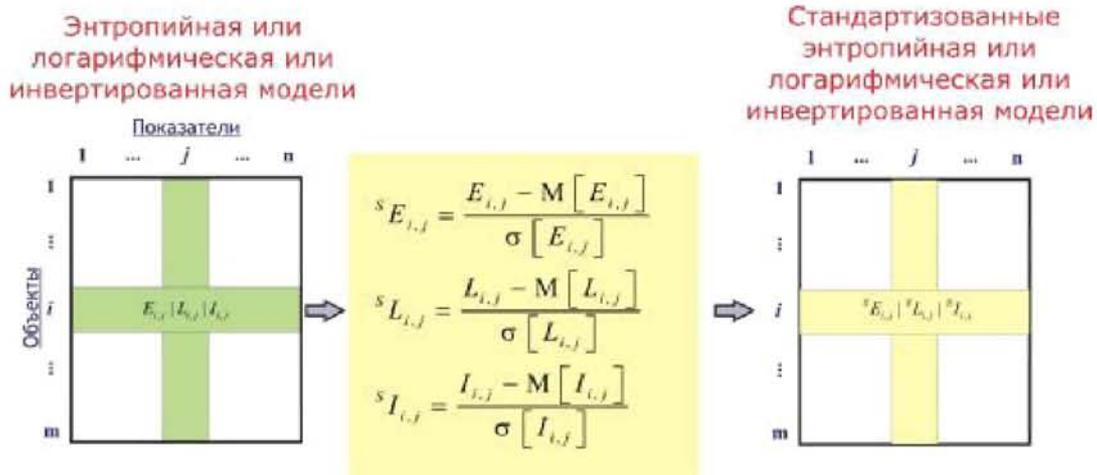


Рисунок 6 – Схема процедуры стандартизации энтропийной, логарифмической, инвертированной моделей для элемента <стандартизация>

Последовательность аналитического процесса на каждом этапе (вход-выход) генерирует матрицу (в некотором случае это может быть вектор-строка или вектор-столбец), где переход к последующему шагу (преобразованию и его модели) будет зависеть от размерности и типа инверсии матрицы «выхода». Поэтому, в семантику записи элементов преобразования необходимо внести дескриптивный атрибут **направления** расчета входной матрицы (по столбцам, по строкам или по всей матрице). Таким образом, стандартизация может проходить не по всей матрице, а только по строкам или по столбцам (рис. 7.), операции сложения и вычитания можно производить как по строкам, так и по столбцам, например, тэг-элемент <комбинирование> можно модифицировать следующим образом <комбинирование направление=матрица|столбец|строка> (рис. 7).

Аналогично вводится элемент <стандартизация направление=строка>, тем самым в тех элементах, где требуется указывать направление расчета, в семантику закладывается атрибут **направление**, и общий вид элемента становится <название элемента направление=матрица|столбец|строка>.

Наряду с тэг-элементами языка EAML, описывающими семантику математических моделей энтропийного метода, необходимо ввести две вспомогательные служебные процедуры матричных преобразований: объединения и извлечение столбцов и строк различных матриц, взятых из любых предыдущих шагов в последовательности преобразований, применяемые для подготовки расчетной матрицы к шагу с использованием комбинированных моделей ЭМА (рис. 8).

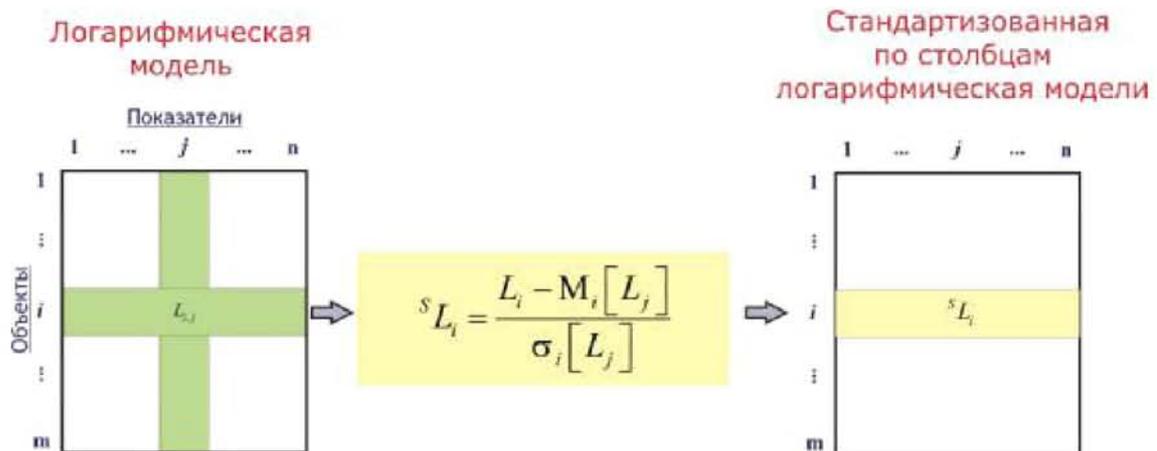


Рисунок 7 – Схема процедуры стандартизации по столбцам логарифмической модели для элемента <стандартизация> (пример, где sL_i – стандартизованная i-ая вектор строка)

По аналогии с процедурой стандартизации можно записать процедуры извлечения и объединения по строкам и столбцам.

Соответственно, тэг-элементы примут вид:

<извлечение направление=матрица|столбец|строка>

и

<объединение направление=матрица|столбец|строка>.

Для упорядоченных систем (сигналов) в ЭМА предложена кумулятивная энтропийная модель, схема построения которой представлена на рисунке 9. Аналогичным образом вводится кумулятивная логарифмическая и инвертированная модели.

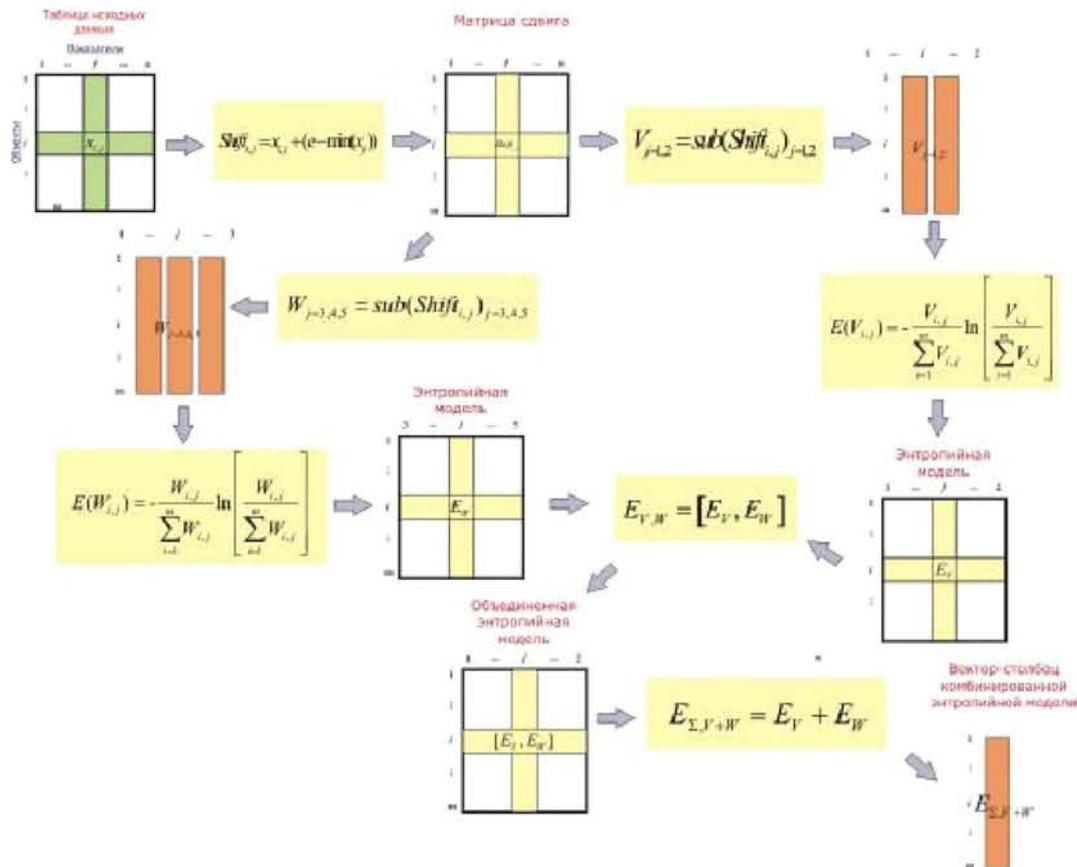


Рисунок 8 – Схема применения процедур извлечения и объединения для элементов <извлечение> и <объединение> (в схеме опущены процедуры стандартизации энтропийных моделей во избежание перегруженности рисунка)

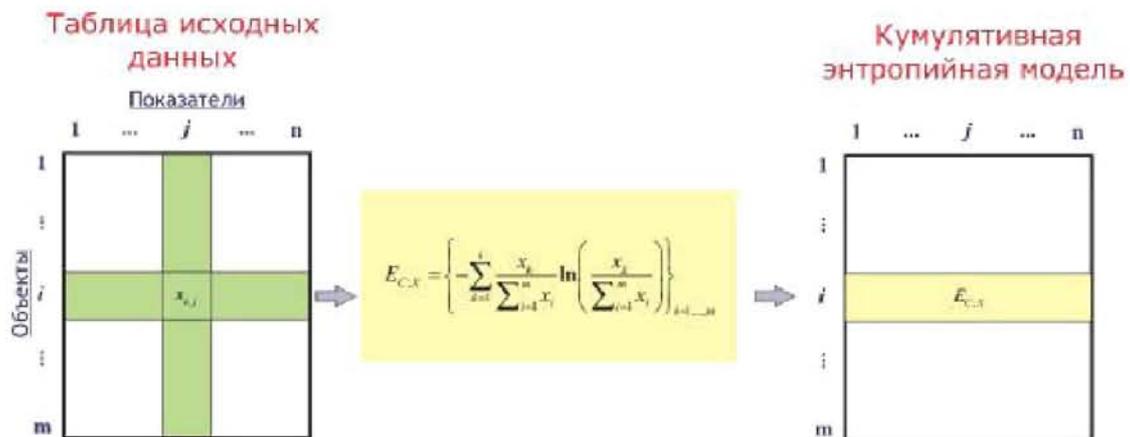


Рисунок 9 – Схема процедуры аккумуляции энтропийной модели для элемента <аккумуляция>

Анализ систем с применением ЭМА возможно записать в виде последовательности процедур, используя определенные выше тэг-элементы. Следовательно, для корректной записи и определения порядка следования тэг-элементов необходимо ввести систему нумерации (идентификаторов), назовем ее «система ссылочных множеств». Суть ее заключается в следующем: каждый элемент должен иметь атрибут, равный числовому идентификатору, уникальному для каждого тэг-элемента в последовательности, а также ссылку на числовой идентификатор предыдущих тэг-элементов в последовательности. Причем один элемент может ссылаться на несколько предыдущих, в этом случае в значение атрибута-ссылки идентификаторы записываются через запятую. Например, как видно из рисунка 8, процедуре объединения потребуются выходные результат матриц энтропийных моделей E_{V_i} и E_{M_i} , которые являются разными «ветками» расчета.

Главное преимущество ссылочных множеств заключается в возможности ухода от традиционной древовидной модели записи алгоритмов, что облегчает, во-первых, восприятие системно-аналитического профиля, во-вторых, делает процедуру его отладки более прозрачной. Поиск ошибок сводится к последовательному исключению процедур до искомого момента коллизии.

Поэтому модифицируем общую запись процедур следующим образом:

```
<название элемента
идентификатор=числовое_значение ссылка=числовое_значение,
[числовое_значение,[числовое_значение,[...]]]
направление=матрица|столбец|строка]>.
```

Обратимся к двум тэг-элементам: <извлечение> и <комбинирование>, каждый из которых оперирует с элементами входной матрицы (столбцы или строки). Необходимо указывать какие номера строк или столбцов вовлекать в процедуру комбинирования или извлечения. Для этого введем дополнительный числовой атрибут, указывающий на номер элемента входной матрицы, атрибутом же **направление** будет определяться столбец это или строка.

Комбинированная модель энтропийного метода анализа разрешает производить операции сложения и/или вычитания как произвольное количество столбцов, так и строк матрицы, комбинируя различные варианты математических операций сложения или вычитания. То есть фактически определяется «маска знаков» для преобразования матрицы, где знак (плюс или минус) определяет поэлементную математическую операцию.

Таким образом, для тэг-элементов <извлечение> и <комбинация> введем следующий синтаксис:

```
<извлечение идентификатор=числовое_значение ссылка=числовое_значение,
[числовое_значение,[числовое_значение,[...]]]
направление=матрица|столбец|строка]
элементы_матрицы=числовое_значение,
[числовое_значение,[числовое_значение,[...]]]>,
<комбинация идентификатор=числовое_значение ссылка=числовое_значение,
[числовое_значение,[числовое_значение,[...]]]
направление=матрица|столбец|строка] элементы_матрицы=числовое_значение,
[числовое_значение,[числовое_значение,[...]]] маска=+|-,[+|-,[+|-,[...]]]>.
```

После того, как мы описали основные семантические конструкции, можно сформулировать правила составления последовательностей преобразования ЭМА на языке EAML:

Основное семантическое правило:

Порядок и семантика тэг-элементов в последовательности преобразований исходной матрицы полностью подчиняются требованиям теоретического обоснования ЭМА.

Вспомогательные синтаксические правила:

1. После тэг-элементов энтропийной, логарифмической, обобщенной, комбинированной и инвертированной моделей всегда должен следовать синтаксически соответствующий тэг процедуры стандартизации, причем его «направление» расчета должно строго соответствовать «направлению» этих элементов.

2. Тэг-элементы процедур сдвига, замены нуля и масштабирования, если это необходимо для подготовки расчета, всегда используются только в самом начале последовательности преобразований до первого появления любого тега основных математических моделей.

3. Количество числовых значений в атрибуте **элементы_матрицы** должно полностью совпадать с количеством элементов знаков в атрибуте **маска**.

4. Значение атрибута **идентификатор** является уникальным и непустым в последовательности преобразований.

5. Атрибут **ссылка** может принимать как одно, так множество значений, перечисленных через запятую, он не должен быть пустым.

6. Атрибут **направление** должен принимать одно из трех значений: столбец, строка, матрица, он также не должен быть пустым.

Определение фазового пространства предполагает получение для выборочных данных группы связанных границ между видами состояния на основе инвариантных критериев, вытекающих из фундаментальных свойств динамических систем. Поэтому в соответствии с основами теории колебаний, границами состояния на фазовых портретах принимаются плоские кривые, являющиеся изображениями решений дифференциальных уравнений динамических систем с требуемыми (известными) свойствами. В ЭМА используют следующие модели границ (границ видов состояния системы): линейная, эллиптическая и гиперболическая. Совокупность этих моделей определяет фазовую плоскость, где отображаются объекты, с координатами, заданными как вектор-столбцы, получаемые в результате вышеописанных математических преобразований. По заданным координатам объектов строятся модели границ.

Поэтому для перехода к анализу на фазовой плоскости в семантику языка EAML необходимо ввести элементы, обозначающие области анализа показателей в расчете моделей ЭМА для координат отображаемых объектов в системе объекты-показатели, что даст возможность аналитику оперировать с графическими фазовыми портретами.

Обозначим расчетные области математических моделей ЭМА как потоки, тогда семантические тэг-элементы примут следующий вид: **<поток по координате X>** и **<поток по координате Y>**. Каждый поток может содержать тэг-элементы математических преобразований в последовательности, согласно основному семантическому правилу языка EAML. Объединяя расчетные потоки в группу, можно ввести понятие расчетной схемы анализа. Схема понимается как совокупность дескрипторов последовательности математических преобразований, заданных тэг-элементами, определяющая фазовые координаты в системе объекты-параметры для отображения конкретных границ видов состояния. Определим соответствующий тэг-элемент как **<схема>**.

Поэтому свод вспомогательных синтаксических правил можно дополнить:

7. Тэг-элемент **<поток по координате X>** должен содержать набор тэгов математических преобразований, он не должен быть пустым, **<поток по координате Y>** может быть пустым (особые вида состояния системы).

8. Тэг-элемент **<схема>** обязательно должен содержать по одному и только одному тэг-элементу **<поток по координате X>** и **<поток по координате Y>**, он не должен быть пустым.

Общий вид расчетной схемы (РС) можно записать следующим образом:

<схема>

<поток по координате X>

...

```

        <название          элемента          идентификатор=числовое_значение
ссылка=числовое_значение,[      числовое_значение,[числовое_значение,[...]]]
[направление=матрица|столбец|строка]
        [элементы_матрицы=числовое_значение,[
числовое_значение,[числовое_значение,[...]]] маска=+|-,[+|-,[+|-,[...]]]]>
        ...
</поток по координате X>
<поток по координате Y>
        [
        ...
        <название          элемента          идентификатор=числовое_значение
ссылка=числовое_значение,[      числовое_значение,[числовое_значение,[...]]]
[направление=матрица|столбец|строка]
        [элементы_матрицы=числовое_значение,[
числовое_значение,[числовое_значение,[...]]] маска=+|-,[+|-,[+|-,[...]]]]>
        ...
        ]
</поток по координате Y>
</схема>

```

Предполагаемый подход в закладываемой концепции языка EAML заключается в упорядочении и структурировании в единый системно-аналитический профиль (САП) расчетных схем, где профиль понимается как уникальная сущность, отражающая все необходимую информацию: матрица «объекты-показатели», реляция к базе данных, если это необходимо, «цепочка» элементарных математических преобразований (процедур) и т.п., для конкретного решающего правила в совокупности действий экспертной системы. Поэтому целесообразно описывать САП как свод общих синтаксических правил на расширяемом языке разметки XML. Авторами предлагается следующий вид схемы DTD (рис. 10).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результатом работы является оригинальная технология разработки систем интеллектуального анализа данных, основанная на метанаборах описаний модулей решающих и поведенческих правил, и ее прикладная реализация в виде языка EAML.

Заложенный в EAML подход на основе процедурной последовательности позволяет моделировать на уровне понятных терминов (в контексте работы, тэгов) не только решения энтропийного анализа, но и большинства других статистических методов.

Новый подход не только не умаляет достоинств известных языков искусственного интеллекта, но и гарантирует интеграцию различных вычислительных и экспертных модулей на программном уровне с языками C, CLIPS и т.п. Также он позволяет расширить энтропийный метод в области применения других методов анализа (прикладной статистики, кластерного, корреляционного, регрессионного), что в совокупности может привести к созданию технологии конкурентной Data mining.

Результаты работы предполагается использовать для создания междисциплинарного веб-сервиса по обработке и анализу данных в прикладных и научных исследованиях.

```

<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<!DOCTYPE profile [

<!ELEMENT profile (matrix, scheme+)>
<!ATTLIST profile
  id ID #REQUIRED
  name CDATA #REQUIRED>
<!ELEMENT matrix (column+)>
<!ATTLIST matrix
  refreshinterval CDATA #REQUIRED
  connectionstring CDATA #REQUIRED
  remotingtable CDATA #REQUIRED
  startdatabound CDATA #REQUIRED
  step CDATA #REQUIRED>
<!ELEMENT submatrix (column+)>
<!ATTLIST submatrix
  startdatabound CDATA #REQUIRED
  step CDATA #REQUIRED>
<!ELEMENT column EMPTY>
<!ATTLIST column
  id CDATA #REQUIRED
  name CDATA #IMPLIED
  isObject CDATA #IMPLIED>
<!ELEMENT scheme (streamX, streamY, graphexpert?)>
<!ATTLIST scheme
  id ID #REQUIRED
  name CDATA #REQUIRED
  desc CDATA #IMPLIED
  refreshinterval CDATA #REQUIRED
  namepatern CDATA #REQUIRED
  legend CDATA #REQUIRED>
<!ELEMENT streamX (submatrix, module*)>
<!ATTLIST streamX
  axisname CDATA #IMPLIED>
<!ELEMENT streamY (submatrix, module*)>
<!ATTLIST streamY
  axisname CDATA #IMPLIED>
<!ELEMENT module EMPTY>
<!ATTLIST module
  id CDATA #REQUIRED
  mask CDATA #IMPLIED
  direction CDATA #IMPLIED
  parameterindex CDATA #IMPLIED
  parentid CDATA #IMPLIED
  step CDATA #IMPLIED
  name CDATA #REQUIRED>

```

Рисунок 10 – DTD-модель системно-аналитического профиля

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Замараев Р.Ю., Попов С.Е. Программный комплекс для интеллектуального анализа данных в горном производстве // Информационные технологии и вычислительные системы, 2010. – № 3. – С. 86-101.
2. Логов А.Б., Замараев Р.Ю., Логов А.А. Анализ состояния систем уникальных объектов // Вычислительные технологии. – Том 10. – № 5. – 2005. – С. 49-53.
3. Логов А.Б., Замараев Р.Ю., Логов А.А. Моделирование тенденций поведения элементов систем уникальных объектов // Вычислительные технологии. – Том 10. – № 5. – 2005. – С. 54-56.
4. Логов А.Б., Замараев Р.Ю., Логов А.А. Алгоритмы энтропийного метода анализа для отображения свойств объекта в фазовом пространстве // Вычислительные технологии. – Том 10. – № 6. – 2005. – С. 75-81.
5. Логов А.Б., Замараев Р.Ю., Логов А.А. Анализ функционального состояния промышленных объектов в фазовом пространстве. – Институт угля и углехимии СО РАН, Кемерово. – 2004. – 168 с.

6. Сайт Федеральной службы государственной статистики. – [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.gks.ru/dbscripts/munst/munst.htm> (дата обращения 10.02.2011).

Попов Семен Евгеньевич

Учреждение Российской академии наук Институт вычислительных технологий Сибирского отделения РАН, г. Новосибирск
Кандидат технических наук, старший научный сотрудник
E-mail: ogidog@mail.ru

Замараев Роман Юрьевич

Учреждение Российской академии наук Институт вычислительных технологий Сибирского отделения РАН, г. Новосибирск
Кандидат технических наук, старший научный сотрудник
E-mail: zrukem@gmail.com

S.E. POPOV (*Candidate of Engineering Sciences, Senior Researcher*)

R.Yu. ZAMARAEV (*Candidate of Engineering Sciences, Senior Researcher*)

Institute of Computational Technologies, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Novosibirsk

LANGUAGE OF META DESCRIPTION FOR THE DATA ANALYSIS

Article is devoted to the development of a markup language for the formalization of the description of data structures and calculation modules of the Entropy analysis method. Defines the basic techniques of compiling system profiles, integrating debugging, testing, and visualizing analysis.

Keywords: *meta description; data analysis; the entropy method; multi-criteria selection; system audit; functional parameters; complex systems.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Zamaraev R.Yu., Popov S.E. Programmny'j kompleks dlya intellektual'nogo analiza danny'x v gornom proizvodstve // *Informacionny'e tekhnologii i vy'chislitel'ny'e sistemy'*, 2010. – № 3. – S. 86-101.
2. Logov A.B., Zamaraev R.Yu., Logov A.A. Analiz sostoyaniya system unikal'ny'x ob''ektov // *Vy'chislitel'ny'e tekhnologii*. – Tom 10. – № 5. – 2005. – S. 49-53.
3. Logov A.B., Zamaraev R.Yu., Logov A.A. Modelirovanie tendencij povedeniya e'lementov system unikal'ny'x ob''ektov // *Vy'chislitel'ny'e tekhnologii*. – Tom 10. – № 5. – 2005. – S. 54-56.
4. Logov A.B., Zamaraev R.Yu., Logov A.A. Algoritmy' e'ntropijnogo metoda analiza dlya otobrazheniya svoystv ob''ekta v fazovom prostranstve // *Vy'chislitel'ny'e tekhnologii*. – Tom 10. – № 6. – 2005. – S. 75-81.
5. Logov A.B., Zamaraev R.Yu., Logov A.A. Analiz funkcional'nogo sostoyaniya promy'shlenny'x ob''ektov v fazovom prostranstve. – Institut uglja i ugleximii SO RAN, Kemerovo. – 2004. – 1678 s.
6. Sajt Federal'noj sluzhby' gosudarstvennoj statistiki. – [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.gks.ru/dbscripts/munst/munst.htm> (data obrashheniya 10.02.2011).

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ВРЕМЕНИ ЭВАКУАЦИИ ЛЮДЕЙ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ ПОЖАРА В СИСТЕМЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОЖАРООПАСНЫХ СИТУАЦИЙ В ВУЗЕ

В работе предлагается методика расчета времени эвакуации людей из помещения при возникновении пожароопасной ситуации. Рассмотрены особенности расчетов времени эвакуации людей из помещений малого и большого объема. Предлагаемая методика может применяться как самостоятельно, так и в комплексах имитационного моделирования пожароопасных ситуаций.

Ключевые слова: время эвакуации; риск пожароопасной ситуации; имитационная модель; пожарная.

Рациональная организация и автоматизация решения задач оценки и прогнозирования рисков пожароопасных ситуаций в высших учебных заведениях возможны только на основе построения адекватных моделей, комплексно учитывающих структурные, статистические, качественные свойства пожароопасных ситуаций. Построение модели основано на формализации таких понятий, как риск, пожарный риск, время эвакуации людей и др.

Предположим, что в малом помещении в здании остались люди, но основной эвакуационный выход оказался уже заблокирован. И хотя в самом помещении пожара нет, но продукты горения (газ, дым) из соседнего помещения проникают внутрь. В такой ситуации возможное время для чрезвычайной эвакуации, например, спасение через окна, определяется концентрацией вредных газов и дыма в помещении. Пока она не достигла предельно допустимого значения, отрезанные от выхода люди могут быть эвакуированы живыми.

Таким образом, необходимо получить формулу роста концентрации вредных газов в данном помещении.

Обозначим через Δ_{Γ} – количество газа, поступающего из соседнего помещения в единицу времени. Естественно, что такое же количество воздуха утекает из данного помещения во внешнюю среду. α_{Γ} – концентрация вредных компонентов в просочившемся газе (в Δ_{Γ}). Δ_{Γ} можно считать постоянной величиной, так как пожарная ситуация в соседнем помещении находится в развитой фазе. До этого оставалась вероятность эвакуации через основной выход, что в наших предположениях уже упущено. $\alpha(\tau)$ – концентрация вредных газов в помещении в момент времени τ . Тогда имеет место соотношение:

$$\alpha(\tau+1) = \frac{(V - \Delta_{\Gamma})\alpha(\tau) + \Delta_{\Gamma} \cdot \alpha_{\Gamma}}{V},$$

где V – объем помещения. Если рассматривать это соотношение не за единицу времени, а за приращение времени $\Delta\tau$, то получаем:

$$\alpha(\tau + \Delta\tau) = \frac{(V - \Delta_{\Gamma} \cdot \Delta\tau)\alpha(\tau) + \Delta_{\Gamma} \cdot \alpha_{\Gamma} \cdot \Delta\tau}{V}.$$

Преобразуем

$$V \cdot \alpha(\tau + \Delta\tau) = V \cdot \alpha(\tau) + (-\Delta_{\Gamma}\alpha(\tau) + \Delta_{\Gamma}\alpha_{\Gamma})\Delta\tau;$$

$$V(\alpha(\tau + \Delta\tau) - \alpha(\tau)) = \Delta_{\Gamma}(\alpha_{\Gamma} - \alpha(\tau))\Delta\tau;$$

$$V\Delta\alpha = \Delta_{\Gamma}(\alpha_{\Gamma} - \alpha)\Delta\tau;$$

$$V \frac{\Delta\alpha}{\Delta\tau} = \Delta_{\Gamma}(\alpha_{\Gamma} - \alpha) \text{ или}$$

$$V\dot{\alpha} = (\alpha_{\Gamma} - \alpha)\Delta_{\Gamma}.$$

Это обыкновенное дифференциальное уравнение с разделяющимися переменными:

$$\frac{d\alpha}{\alpha_{\Gamma} - \alpha} = \frac{\Delta_{\Gamma}}{V} d\tau.$$

Проинтегрируем на $[0; \tau]$:

$$-\ln|\alpha_{\Gamma} - \alpha(\tau)| + \ln|\alpha_{\Gamma} - \alpha(0)| = \frac{\Delta_{\Gamma}}{V} \tau;$$

$$\ln \frac{\alpha_{\Gamma} - \alpha(\tau)}{\alpha_{\Gamma} - \alpha(0)} = -\frac{\Delta_{\Gamma}}{V} \tau.$$

Потенцированием этого соотношения получим:

$$\frac{\alpha_{\Gamma} - \alpha(\tau)}{\alpha_{\Gamma} - \alpha(0)} = e^{-\frac{\Delta_{\Gamma}}{V} \tau}, \text{ то есть}$$

$$\alpha(\tau) = \alpha_{\Gamma} - (\alpha_{\Gamma} - \alpha(0)) \cdot e^{-\frac{\Delta_{\Gamma}}{V} \tau},$$

где $\alpha(0)$ – начальное состояние концентрации вредных газов (в обычном воздухе).

Если $\alpha_{\text{кр}}$ – критическая концентрация вредных газов, то $t_{\text{кр}}$ такое значение, что

$$\alpha(t_{\text{кр}}) = \alpha_{\text{кр}}.$$

И для $\tau > t_{\text{кр}}$ будет выполняться неравенство $\alpha(\tau) > \alpha_{\text{кр}}$.

$$\text{Причем } t_{\text{кр}} = \frac{V}{\Delta_{\Gamma}} \ln \frac{\alpha_{\Gamma} - \alpha_0}{\alpha_{\Gamma} - \alpha_{\text{кр}}}.$$

Рассмотрим случай малого помещения с позиций интегральной модели пожара.

Обозначим через M количество горючего материала различных видов, находящегося в данном помещении. Например, мебель, бумага, книги и т.д. Обозначим через Q_{H}^{P} среднее количество выделяемого тепла при сгорании одной единицы суммарной массы горючего материала.

Если через V обозначить внутреннюю энергию газовой среды в помещении, а τ принять за время, то уравнение энергии выглядит следующим образом:

$$\frac{dV}{d\tau} = \eta Q_{\text{H}}^{\text{P}} \Psi + i_{\Gamma} \Psi + c_{\text{m}} T_{\text{B}} G_{\text{B}} - c_{\text{p}} T_{\text{m}} m G_{\Gamma} - Q_{\text{m}},$$

где Ψ – средняя скорость выгорания (скорость газификации) горючего материала (км/с); η – коэффициент полноты сгорания; i_{Γ} – энтальпия горючих материалов; т.е. показатель их газификации; G_{B} – расход поступающего воздуха из окружающей среды, а слагаемое $c_{\text{m}} T_{\text{B}} G_{\text{B}}$ – значение внутренней тепловой энергии поступающего за единицу времени воздуха и соответствующей работы проталкивания; G_{Γ} – расход газа, покидающего помещение, а соответствующее слагаемое $c_{\text{p}} T_{\text{m}} m G_{\Gamma}$ – значение внутренней тепловой энергии уходящего газа в сумме с работой по его выталкиванию из помещения; Q_{m} – тепловой поток, поглощаемый ограждающими конструкциями и излучаемый через проемы [1].

Для оценки температурного максимума можно пренебречь третьим, четвертым и пятым слагаемым. Тогда имеем интегральную оценку внутренней тепловой энергии:

$$V_{\text{max}} \approx (\eta Q_{\text{H}}^{\text{P}} \Psi + i_{\Gamma} \Psi) M + V_0.$$

Так как объем помещения не меняется, то получаем:

$$T_{\text{max}} = V_{\text{max}} \cdot k,$$

при соответствующем коэффициенте k получаем верхнюю границу температурного режима, т.е. можем оценить риск воздействия пожара на конструкции с учетом коэффициентов температуростойкости соответствующих материалов.

Из соотношения $\frac{p}{T} = c \cdot V$, где V – объем; T – температура; p – давление газа через критическую максимальную температуру T_m определяется и критическое давление:

$$p_m = c \cdot V \cdot T_m.$$

Оно дает оценку риска разрушения окон, дверей и других конструкций. Для каждой такой конструкции есть табличное значение перепада давления, которое эта конструкция может выдержать. Это дает возможность оценить вероятность перехода огня из рассматриваемого помещения в другие за счет разрушения перегородок, межкомнатных дверей и т.д. [3].

В случае разрушения преграды между помещением, где идет процесс горения, и смежным помещением, то для смежного помещения исходное является источником по давлению, температуре, вредным газам, дыму и т.д. Тогда необходимо вычислить ход процесса горения по системе дифференциальных уравнений [4]:

$$p_m = \rho_m \cdot R \cdot T_m,$$

$$\frac{d(\rho_m V)}{d\tau} = G_B + \Psi - G_G,$$

$$\frac{d(\rho_1 V)}{d\tau} = x_{1B} G_B - x_{1n1} G_G - \Psi L_1 \eta,$$

$$\frac{d(\rho_2 V)}{d\tau} = \Psi L_2 \eta - x_{2n2} G_G,$$

$$\frac{d(\mu_m V)}{d\tau} = D\Psi - \frac{\mu_m n_3}{\rho_m} G_G - k_c F_w,$$

$$\frac{1}{(k-1)} \frac{d(\rho_m V)}{d\tau} = \eta Q_H^p \Psi + i_G \Psi + c_m T_B G_B - c_p T_m m G_G - Q_m,$$

$$\left. \begin{array}{l} \rho_m(\tau=0) = \rho_0 \\ p_m(\tau=0) = p_0 \\ \rho_1(\tau=0) = 0 \\ \rho_2(\tau=0) = 0 \\ \mu_m(\tau=0) = 0 \end{array} \right\} \text{ и приближенными вычислениями с постоянным}$$

достаточно малым шагом по времени.

При превышении показателей температуры, давления их критических состояний необходимо учитывать изменения связи с окружающей средой. Например, когда разбиваются стекла, то свободным доступ воздуха, а при разрушении дверного проема открывается проем утечки дыма, газов и даже огня в соседнее помещение [2].

Рассмотрим положение с помещениями большого объема. К ним можно отнести лекционные аудитории, актовые залы, читальные залы, библиотеки и т.д. В зависимости от их предназначения находится и количество горючего материала, находящегося в них. Ясно, что в читальных залах и библиотеках имеется значительное количество горючего материала: книги, журналы, пачки с бумагами и т.д. В то же время в других помещениях (спортивные залы, лекционные аудитории) горючего материала имеется не в таком количестве. А вот воздушной массы во всех этих помещениях имеется всегда в достаточном количестве.

Поэтому процесс горения практически не ограничивается из-за недостатка воздуха. Во всех этих помещениях, кроме основного входа-выхода, всегда имеется запасный выход, а то и несколько. С другой стороны, во время нормального функционирования в этих

помещениях находится значительное количество людей. Поэтому важно в случае пожароопасной ситуации оценить время, в течение которого может быть произведена эвакуация людей. Это время может быть оценено с двух противоположных сторон. С одной стороны, по моделям человеческого потока можно, исходя из количества эвакуируемых, оценить минимальное время, необходимое для эвакуации. С другой стороны, используя зонную модель горения с учетом горючего материала, можно это время оценить как максимально возможное. Можно это время отождествить со временем заполнения продуктами горения (дымом, вредными газами) припотолочной зоны до уровня дверных проемов. Наиболее сложная ситуация возникает в тех случаях, когда очаг возгорания блокирует один из выходов (либо основной, либо запасной), так как в этом случае время, необходимое для эвакуации людей, удваивается. Процесс эвакуации людей может быть осуществлен успешно, если время, необходимое для эвакуации людей через один из выходов, не превосходит времени заполнения продуктами горения припотолочной зоны до уровня дверных проемов.

Обозначив через y_k нижнюю границу припотолочного слоя, имеем дифференциальное уравнение с разделяющимися переменными:

$$-\frac{dy_k}{d\tau} = c_1 + c_2(y_k + y_0)^{5/3}.$$

Для нахождения функции $y_k(\tau)$ примем:

$$c_1 = \frac{(1-\varphi)Q_{\text{пож.}}}{\rho_0 c_p T_0 F_{\text{пот.}}} = \text{const} \quad \text{и} \quad c_2 = \frac{0,21}{\rho_0 F_{\text{пот.}}} \left[\frac{g p_0^2 Q_{\text{пож.}} (1-\chi)}{c_p T_0} \right]^{1/3} = \text{const}.$$

Для нахождения функции $y_k(\tau)$ можно применить приближенные методы вычисления с постоянным и достаточно малым шагом по времени τ . Но это уравнение позволяет найти общий интеграл, связывающий функцию y_k и время τ .

Для этого введем новую вспомогательную функцию z :

$$y_k + y_0 = z^3.$$

В этом случае дифференциальное уравнение примет вид:

$$\frac{2z^2 dz}{c_2 z^5 + c_1} = -d\tau \quad \text{или} \quad \frac{2}{c_2} \cdot \frac{z^2 dz}{z^5 + \frac{c_1}{c_2}} = -d\tau.$$

Многочлен пятой степени, стоящий в знаменателе, легко разлагается на произведение многочленов первой и четвертой степеней:

$$z^5 + \frac{c_1}{c_2} = \left(z + \sqrt[5]{\frac{c_1}{c_2}} \right) \left(z^4 - \sqrt[5]{\frac{c_1}{c_2}} z^3 + \sqrt[5]{\left(\frac{c_1}{c_2}\right)^2} z^2 - \sqrt[5]{\left(\frac{c_1}{c_2}\right)^3} z + \sqrt[5]{\left(\frac{c_1}{c_2}\right)^4} \right).$$

При фиксированных (константы) значениях c_1 и c_2 многочлен 4-ой степени разлагается в произведение двух многочленов второй степени. Предварительно необходимо разложить этот многочлен в произведение линейных множителей над полем комплексных чисел, а затем линейные множители с комплексно сопряженными корнями дадут в произведении квадратных трехчлен над полем действительных чисел. Дальнейшее вычисление интеграла от левой части уравнения может быть осуществлено с помощью метода неопределенных коэффициентов Остроградского:

$$\int \frac{z^2 dz}{z^5 + \frac{c_1}{c_2}} = \int \frac{Adz}{z + \sqrt[5]{\frac{c_1}{c_2}}} + \int \frac{(A_1 z + B_1) dz}{z^2 + q_1 z + p_1} + \int \frac{(A_2 z + B_2) dz}{z^2 + q_2 z + p_2}.$$

Но даже имея общий интеграл для функции z , соответственно, и для функции y_k , все равно ее численные значения придется вычислять приближенными методами.

Допустим, что функция $y_k(\tau)$ известна. Тогда время, ограничивающее возможность эвакуации людей, будет находиться из соотношения

$$t_{эв} = \min \{ \tau(y_k(\tau) = 2h - y_{эв}) \},$$

где $2h$ – высота помещения, $y_{эв}$ – высота дверного проема.

Необходимость эвакуации людей из больших помещений возникает и в случае, когда в самом помещении возгорания нет, но от процесса горения в смежных помещениях вредные факторы пожара воздействуют и на рассматриваемое помещение. В этом случае дверной проем одного из выходов является источником продуктов горения для рассматриваемого помещения. Тем не менее, поступающие газы и дым будут также подниматься в предпотолочную зону. В этом случае расширение предпотолочной зоны будет пропорционально количеству поступающих через дверной проем газов из смежного помещения с очагом возгорания [5,6].

Обозначим через:

$Q_{дв}$ – поток газа, поступающего из дверного проема в припотолочную зону;

$T_{дв}$ – среднюю температуру поступающего через дверной проем газа;

C_p – изобарную теплоемкость газа;

T_0 – начальную температуру в помещении, соответствующую температуре газа вне входящего потока и припотолочной зоны;

Q_{w2} – тепловой поток от припотолочного слоя газа в ограждение (потолок и стены);

$2h$ – высота помещения;

y_k – нижнюю границу припотолочного слоя;

V_2 – объем припотолочного слоя;

m_2 – массу газа в припотолочном слое;

ρ_2 – среднюю плотность газа в припотолочной зоне;

ρ_0 – среднюю плотность газа в «холодном» помещении, т.е. вне припотолочной зоны и входящего потока газа.

Тогда для массы газа в припотолочном слое имеем соотношение:

$$m_2 = \rho_2 V_2.$$

Параметры состояния связаны между собой следующим уравнением:

$$\rho_0 V_0 = \rho_2 V_2,$$

что следует из условия равенства давлений во всех зонах. Можно считать, что давление во всем помещении не меняется, так как поступающий воздух (газы) через дверной проем смежного помещения будет вытеснять такое же количество воздуха из рассматриваемого помещения. Это и дает основание считать, что давление в помещении не меняется и остается равным начальному значению ρ_0 .

Уравнение материального баланса в этом случае будет выглядеть следующим образом:

$$\frac{d(\rho_2 V_2)}{d\tau} = G_{дв}. \quad (1)$$

Причем объем припотолочной зоны вычисляется через нижнюю границу y_k припотолочной зоны:

$$V_2 = F_{пот.} \cdot (2h - y_k),$$

где $F_{пот.}$ – площадь потолка помещения.

Уравнение энергии выглядит так:

$$c_p \rho_0 T_0 \frac{dV_2}{d\tau} = c_p T_{дв} G_{дв} - Q_{w2}.$$

Тогда получаем дифференциальное уравнение для нахождения $y_k(\tau)$:

$$c_p \rho_0 T_0 F_{пот.} \frac{d(2h - y_k)}{d\tau} = c_p T_{дв} G_{дв} - Q_{w2}. \quad (2)$$

Заметим, что начальным условием будет значение $y_k(0) = 2h$.

Решение уравнения (2) при заданном начальном условии ищется для интервала времени от $\tau = 0$ до τ_k , где τ_k – момент достижения границы припотолочного слоя верхней границы дверного проема.

Интегрируя уравнение материального баланса (1), получаем:

$$\rho_2 V_2 = \int_0^{\tau} G_{дв} d\tau.$$

Отсюда

$$\rho_2 = \frac{1}{F_{пот.} \cdot (2h - y_k(\tau))} \int_0^{\tau} G_{дв} d\tau.$$

Здесь, как и выше, $G_{дв}$ является функцией от τ , которая определяется процессами в смежном помещении. После вычисления функции $\rho_2(\tau)$ определяется средняя температура в припотолочном слое:

$$T_2(\tau) = T_0 \frac{\rho_0}{\rho_2(\tau)}.$$

Вполне очевидно, что для того, чтобы обеспечить безопасную эвакуацию людей из помещения, должно выполняться неравенство:

$$\tau_{эв.} \leq \tau_k.$$

При нарушении этого неравенства эвакуация части людей будет затруднена.

Предлагаемая методика расчета позволяет оценить время эвакуации людей из помещения при возникновении пожароопасной ситуации и может применяться как самостоятельно, так и в комплексах имитационного моделирования пожароопасных ситуаций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брушлинский Н.Н., Корольченко А.Я. Моделирование пожаров и взрывов. – М.: Пожнаука, 2000. – 482 с.
2. Гаврилей В.М. Методы количественной оценки уровня пожаровзрывоопасности объектов: обзорная информация / В.М. Гаврилей, А.П. Шевчук, А.В. Матюшин, В.А. Иванов. – М.: ГИЦ МВД СССР, 2001. – 55 с.
3. Голиков А.Д. Проблема использования аналитических методов расчета при расследовании и изучении пожаров / А.Д. Голиков, В.Ф. Бондарев, Н.Н. Копейкин и др. – Пожаровзрывоопасность, 1999. – № 1. – С. 73-77.
4. Кошмаров Ю.А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении. – М.: Академия ГПС МВД России, 2000. – 118 с.
5. Холщевников В.В. Исследование людских потоков и методология нормирования эвакуации людей из зданий при пожаре. – М.: ВИПТШ МВД СССР, 1999. – 210 с.
6. Холщевников В.В. Моделирование и анализ движения людских потоков в зданиях различного назначения / В.В. Холщевников, С.А. Никонов, Р.Н. Шамгунов. – М.: Мир, 1996. – 217 с.

Сазонов Сергей Юрьевич

Юго-Западный государственный университет, г. Курск

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

Тел.: 8 (4712) 52-25-87

E-mail: serg_saz@mail.ru

S.Yu. SAZONOV

**DESIGN PROCEDURE OF TIME TO EVACUATIONS OF THE PEOPLE
AT INFLUENCE DANGEROUS FACTOR FIRE IN SYSTEM OF SIMULATION MODELING
FIRE-DANGEROUS SITUATION IN HIGH SCHOOL**

In work is offered methods of the calculation of time to evacuations of the people from premises when arising fire-dangerous situation. The Considered particularities calculation time to evacuations of the people from premiseses small and big volume. The Proposed methods can be used as by itself, so and in complex of simulation modeling fire-dangerous situation.

Keywords: *time to evacuations; risk fire-dangerous situation; simulation model; fireman safety.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Brushlinskij N.N., Korol'chenko A.Ya. Modelirovanie pozharov i vzry'vov. – M.: Pozhnauka, 2000. – 482 s.
2. Gavrilej V.M. metody' kolichestvennoj ocenki urovnya pozharovzry'voopasnosti ob'ektov: obzornaya informaciya / V.M. Gavrilej, A.P. shevchuk, A.V. Matyushin, V.A. Ivanov. – M.: GIC MVD SSSR, 2001. – 55 s.
3. Golikov A.D. Problema ispol'zovaniya analiticheskix metodov raschyota pri rassledovanii i izuchenii pozharov / A.D. Golikov, V.F. Bondaryov, N.N. Kopejkin i dr. – Pozharovzry'voopasnost', 1999. – № 1. – S. 73-77.
4. Koshmarov Yu.A. Prognozovanie opasny'x faktorov pozhara v pomeshenii. – M.: Akademiya GPS MVD Rossii, 2000. – 118 s.
5. Xolshhevnikov V.V. Issledovanie lyudskix potokov i metodologiya normirovaniya e'vakuacii lyudej iz zdaniy pri pozhare. – M.: VIPTSh MVD SSSR, 1999. – 210 s.
6. Xolshhevnikov V.V. Modelirovanie i analiz dvizheniya lyudskix potokov v zdaniyax razlichnogo naznacheniya / V.V. Xolshhevnikov, S.A. Nikonov, R.N. Shamgunov. – M.: Mir, 1996. – 217 s.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ
И ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

УДК 004.02

В.Н. БЕЛОВ, П.П. МАКАРЫЧЕВ

ВЫБОР ФУНКЦИИ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ
ДЛЯ ОЦЕНКИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СОТРУДНИКОВ ВУЗА

В статье предложен подход к выбору функции обработки данных для оценки результатов деятельности сотрудников ВУЗа на основании теоремы Эрроу. Проведена аналогия между функциями ранжирования результатов деятельности сотрудников ВУЗа и системами голосования. Предложен вариант функции ранжирования в рамках кардиналистского подхода и доказано, что функция является рациональной и решающей.

Ключевые слова: обработка данных; ранжирование; управление сотрудниками; теорема Эрроу.

В настоящий момент существует тенденция использования информационных технологий в управлении ВУЗом. Информационные технологии позволяют накапливать данные о деятельности сотрудников с целью их последующей обработки и использования. Одним из вариантов использования этих данных является проведение оценки деятельности сотрудников методом анализа иерархий, проведение оперативного и интеллектуального анализа данных. Проведение оценки деятельности сотрудников связано с обработкой большого объема данных и приводит к решению задачи ранжирования. При этом задача ранжирования должна быть решена научно обоснованным методом, гарантирующим получение объективного результата. От выбора и способа реализации метода в значительной степени зависит восприятие результатов ранжирования сотрудниками и качество принятого управленческого решения.

Целью данной работы является разработка подхода к выбору рациональной функции обработки данных для проведения оценки деятельности сотрудников ВУЗа.

Проблема ранжирования рассматривалась многими учеными в виде поиска оптимальной системы голосования. Как правило, система голосования реализуется с применением агрегирующей функции P , преобразующей N линейно упорядоченных множеств, каждое из которых упорядочено в соответствии с одним из N критериев решения относительно A альтернатив, обозначаемых, как $L(A)$, в линейно упорядоченное множество, упорядоченное с учетом влияния всех критериев решения [2]:

$$P : L(A)^N \rightarrow L(A). \quad (1)$$

В наиболее общем виде система голосования должна удовлетворять следующим критериям: такая система должна быть рациональной, решающей, демократической [1, с. 182]. Эрроу сформировал систему из 4 аксиом, которым должна удовлетворять такая функция [3, с. 97].

В процессе своей деятельности сотрудники университета ведут работу по различным направлениям. Поэтому только на основании анализа результатов по всем направлениям деятельности можно дать некоторую количественную оценку деятельности сотрудников с целью проведения ранжирования. Направления деятельности сотрудников могут быть в разной степени востребованы ВУЗом, поэтому они не могут считаться равноправными, что должно быть отражено в процедуре ранжирования. Соответственно, требование отсутствия диктатора, выполнение которого задает демократическую систему голосования, противоречит интересам проведения ранжирования сотрудников.

Теорема Эрроу рассматривает системы голосования в рамках ординалистского подхода. С.А. Васильев показал, что в рамках кардиналистского подхода существуют системы голосования, удовлетворяющие условиям всех аксиом [4]. Зададим в рамках кардиналистского подхода агрегирующую функцию, учитывающую предпочтительность критериев решения. Входным значением для функции вида (1) является множество из N множеств, упорядоченных в соответствии с одним из критериев принятия решения. Для некоторого критерия принятия решения g множество $L(A)^g$ формируется следующим образом:

$$L(A)^g = \{a_1, a_2, \dots, a_m\},$$

где a_k – альтернатива относительно критерия принятия решения g ;

$k = \overline{1, m}$ – номер альтернативы;

m – число альтернатив.

При этом должно выполняться следующее условие:

$$\omega(a_1) > \omega(a_2) > \dots > \omega(a_m),$$

где $\omega(a_k)$ – степень предпочтительности альтернативы k ;

$k = \overline{1, m}$ – номер альтернативы;

m – число альтернатив.

Значение $\omega(a_k)$ вычисляется следующим образом:

$$\left. \begin{array}{l} r_{p,g} > r_{p+1,g} \\ r_{p,g} = r_{p+1,g}, d_p > d_{p+1} \end{array} \right\} \Rightarrow \omega(a_p) > \omega(a_{p+1}),$$

где $r_{p,g}$ – ранг альтернативы a_p относительно критерия решения g ;

$p = \overline{1, m-1}$ – номер альтернативы;

m – число альтернатив;

d_p – предпочтительность альтернативы a_p относительно некоторого критерия

решения d , удовлетворяющего условию $\forall i \forall j \ i \neq j \Rightarrow d_i \neq d_j$.

Критерий решения d является доминирующим (диктатор), поскольку однозначно определяет результат ранжирования в ситуации, когда значения остальных критериев решения равны для двух и более альтернатив.

В результате вычислений с использованием функции (1) формируется множество $L(A)$, упорядоченное в соответствии с множеством критериев принятия решения:

$$L(A) = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}, \tag{2}$$

причем выполняется следующее условие:

$$W(a_1) > W(a_2) > \dots > W(a_m),$$

где $W(a_k)$ – степень предпочтительности альтернативы a_k ;

$k = \overline{1, m}$ – номер альтернативы;

m – число альтернатив.

Значение $W(a_k)$ вычисляется следующим образом:

$$\left. \begin{array}{l} R_p > R_{p+1} \\ R_p = R_{p+1}, d_p > d_{p+1} \end{array} \right\} \Rightarrow W(a_p) > W(a_{p+1}), \tag{3}$$

где $R_p = \sum_{g=1}^G (\alpha_g r_{p,g})$ – ранг альтернативы a_p относительно G критериев решения;

$r_{p,g}$ – ранг альтернативы a_p относительно критерия решения g ;

G – количество критериев, рассматриваемых при принятии решения;

α_g – вес критерия g при принятии решения;

d_p – предпочтительность альтернативы a_p относительно доминирующего критерия решения d .

При этом выполняются условия $\alpha_g > 0$, $\sum_{g=1}^G \alpha_g = 1$.

Таким образом, необходимо определить способ, в соответствии с которым находится вес направления деятельности и ранги альтернатив относительно каждого критерия. Для оценки значимости множества критериев решения удобно применять метод анализа иерархий. Оценить результат, достигнутый сотрудником по некоторому направлению деятельности, можно по фактам выполнения работ, относящихся к данному направлению. Различные виды работ могут быть в разной степени востребованы ВУЗом, что должно быть отражено при проведении ранжирования. Таким образом, расчет значения R_p для формулы (3) производится по следующей формуле:

$$R_p = \sum_{g=1}^G \sum_{i=1}^{m_g} \alpha_g \alpha_{g,i}, \quad (4)$$

где R_p – ранг результатов деятельности сотрудника p ;

G – количество направлений деятельности g ;

α_g – вес направления деятельности g ;

m_g – количество видов работ направления деятельности g ;

i – номер вида работы направления деятельности g ;

$\alpha_{g,i}$ – ранг сотрудника по виду работ i направления деятельности g .

При этом следует учитывать, что $\sum_{i=1}^{m_g} \alpha_{g,i} = 1$, $\sum_{g=1}^G \alpha_g = 1$, $\alpha_g > 0$, $\alpha_{g,i} > 0$, $m_g > 0$.

Результат деятельности сотрудника характеризуется тем, что возможно несколько фактов выполнения работ определенного вида. Соответственно, сотрудник, выполнивший большее количество работ, должен быть оценен выше. Таким образом, значение ранга сотрудника по виду работ необходимо рассчитывать с использованием соответствующей функции:

$$\alpha_{g,i} = F(a, k),$$

где a – вес вида работ i направления деятельности g ;

k – количество работ вида i направления деятельности g , выполненных сотрудником.

Предлагаемая функция расчета ранга сотрудника по виду работ $F(a, k)$ имеет следующий вид:

$$F(a, k) = \begin{cases} a^{1 + \frac{1}{k(1-a)}}, & k \in \{1, 2, 3, \dots\} \\ 0, & k = 0 \end{cases} \quad (5)$$

Функция (5) характеризуется тем, что $\lim_{k \rightarrow \infty} F(a, k) = \alpha_{g,i}$, соответственно, $\lim_{k \rightarrow \infty} R_p = 1$. График функции (5) представлен на рисунке 1.

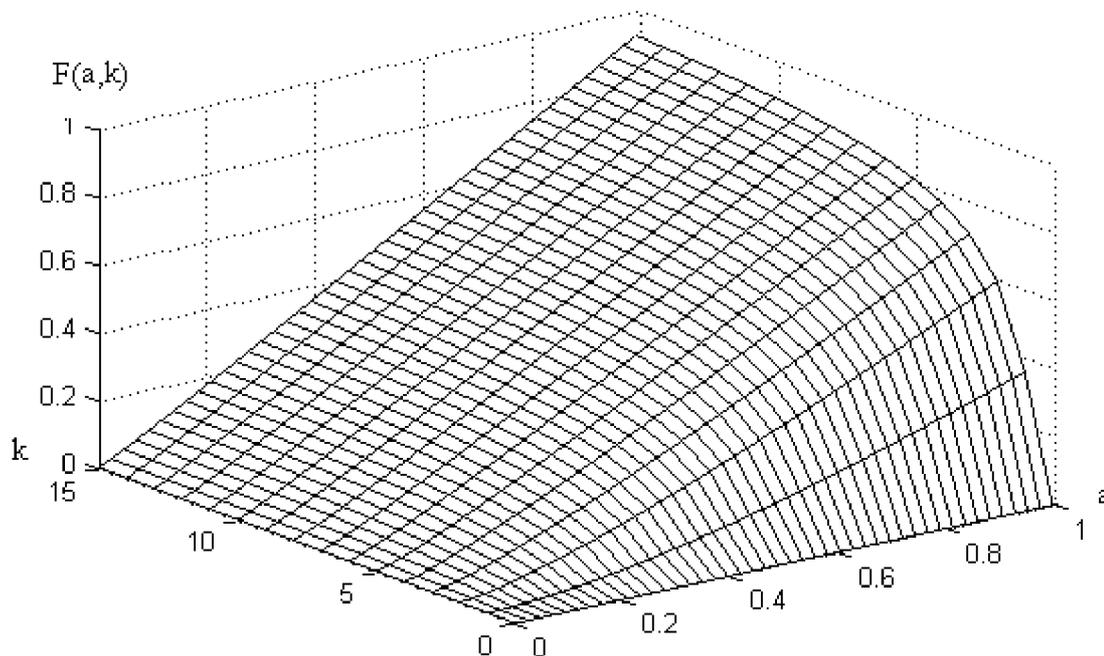


Рисунок 1 – График функции (5)

В качестве критерия решения d может использоваться некоторый номер, присваиваемый сотрудникам в порядке их устройства на работу. Как правило, табельный номер присваивается сотруднику именно таким образом. Поскольку количество квалифицированных специалистов на рынке труда ограничено и любая организация заинтересована в сохранении квалифицированных сотрудников, то данный критерий будет отвечать интересам организации, поскольку будет дополнительно стимулировать сотрудников не менять место работы. Отметим, что критерий решения d введен с целью доказательства соответствия процедуры ранжирования требованиям, выдвигаемым аксиомами Эрроу. В случае если результат ранжирования не должен представлять собой строго упорядоченное множество, то $L(A)$, полученное с помощью описанной методики ранжирования, может быть преобразовано во множество, упорядоченное с использованием шкалы слабого порядка на основании значений R_p .

Покажем, что функция, описываемая (2), (3), (4), (5), соответствует требованиям, выдвигаемым аксиомами Эрроу. Аксиома универсальности требует, чтобы для любого набора значений критериев принятия решения существовал упорядоченный список из альтернатив. Проведем исследование функции (5).

Областью определения функции (5) является $a \in [0; 1)$, $k \in [0; \infty)$. Для определения области значений функции необходимо исследовать критические точки

$$\lim_{k \rightarrow 0, a \rightarrow 1} \left(a^{1 + \frac{1}{k(1-a)}} \right) = 1, \quad \lim_{k \rightarrow 0, a=0} \left(a^{1 + \frac{1}{k(1-a)}} \right) = 0. \text{ Соответственно, } F(a, k) \in [0; 1).$$

Поскольку $\forall a \in [0; 1) \forall k \in [0; 1) F(a, k) \in [0; 1)$, учитывая, что $\sum_{g=1}^G \alpha_g = 1$, $\alpha_g > 0$,

$W_g > 0$ и $m_g > 0$, то значение R_p , вычисленное по формуле (4), будет принимать значение в

диапазоне $[0,1)$. Таким образом, выполнение аксиомы универсальности является следствием аксиом порядка действительных чисел и правила (3).

Аксиома независимости от посторонних альтернатив выполняется, поскольку по формуле (4) значение ранга альтернативы рассчитывается на основании данных о единственной альтернативе. Порядок альтернатив определяется на основании сравнения рангов альтернатив. Однако предположим, что данное утверждение неверно.

Пусть для двух альтернатив a_x и a_y верно $W(a_x) > W(a_y)$, соответственно, $R_x \geq R_y$, и a_y не может быть предпочтительнее a_x . Предположим, что существует третья альтернатива a_z , от значения ранга которой зависит порядок первых двух альтернатив. Возможно четыре случая:

1. $(R_x \geq R_y) \& (R_y \geq R_z) \Rightarrow R_x \geq R_y \geq R_z$;
2. $(R_x \leq R_z) \& (R_y \geq R_z) \Rightarrow R_x = R_y = R_z$;
3. $(R_x \geq R_z) \& (R_y \leq R_z) \Rightarrow R_x \geq R_z \geq R_y$;
4. $(R_x \leq R_z) \& (R_y \leq R_z) \Rightarrow R_z \geq R_x \geq R_y$.

Во всех случаях, учитывая (3), a_x предпочтительнее a_y . Соответственно, требование независимости от посторонних альтернатив выполняется.

Докажем, что предлагаемая функция обладает эффективностью по Парето, который требует, чтобы в том случае, когда значение каждого критерия принятия решения у альтернативы x больше, чем у альтернативы y , альтернатива x была предпочтительнее альтернативы y .

Поскольку $\forall a \in [0;1) \forall k \in [0;1) F(a,k) \in [0,1)$, $\alpha_g > 0$, $m_g > 0$, то для выполнения принципа единогласия требуется доказать, что $\forall a \in [0,1) \forall k \in [0,1) F(a,k) > F(a,k + \Delta k)$, где $\Delta k > 0$. Найдем производную функции (5) по k :

$$F'_k = -\frac{a^{1+\frac{1}{k(1-a)}} \ln a}{(1-a)k^2}.$$

Оценим каждый сомножитель в рассматриваемой области:

$$1-a > 0 \& \ln a > 0 \& k > 0 \& a^{1+\frac{1}{k(1-a)}} > 0 \& k^2 > 0 \Rightarrow F'_k > 0.$$

Производная в рассматриваемой области принимает положительное значение, соответственно, функция $F(a,k)$ возрастает в данной области по k . Таким образом, предлагаемая функция является рациональной и решающей.

С использованием рассмотренной функции обработки разработана методика ранжирования. С использованием этой методики проведена процедура ранжирования на основе данных о деятельности сотрудников Пензенского государственного университета за год. По результатам ранжирования выполнен кластерный анализ результатов деятельности сотрудников методом fuzzy c-means. Таким образом, процедура ранжирования, основанная на функции, описываемой (2), (3), (4), (5), удовлетворяющей требованиям, выдвигаемым теоремой Эрроу, можно рекомендовать для использования при обработке данных о результатах деятельности сотрудников ВУЗа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений, а также Хроника событий в Волшебных странах: учебник. – М.: Логос, 2000. – 296 с.
2. Arrow K. A Difficulty in the Concept of Social Welfare // Journal of Political Economy. – 1950. – № 4. – P. 328-346.
3. Arrow K. Social Choice and Individual Values, 2nd ed. – New York: Wiley, 1963. – 124 p.
4. Vasiljev S. Cardinal Voting: The Way to Escape the Social Choice Impossibility (April 1, 2008) [Электронный ресурс]. – URL: <http://ssrn.com/abstract=1116545> (дата обращения: 20.08.11).

Белов Вадим Николаевич

Пензенский государственный университет, г. Пенза
Аспирант кафедры «Математическое обеспечение и применение ЭВМ»
E-mail: oracool@gmail.com

Макарьчев Петр Петрович

Пензенский государственный университет, г. Пенза
Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Математическое обеспечение и применение ЭВМ»
E-mail: makpp@yandex.ru

V.N. BELOV (*Post-graduate student of Software and Computer Application department*)
P.P. MAKARYCHEV (*Doctor of Engineering Sciences, professor, director of Software and Computer Application department*)
Penza state university, Penza

SELECTION OF DATA PROCESSING FUNCTION FOR UNIVERSITY STAFF ACTIVITIES EVALUATION

The paper proposes an approach to choosing data processing function for university staff activities evaluation based on Arrow's impossibility theorem. An analogy is drawn between university staff activities functions and voting systems. A variant of cardinalistic ranking functions is proposed and the function is proved to be rational and decisive.

Keywords: *data processing; ranking; human resource management; Arrow's impossibility theorem.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Larichev O.I. Teoriya i metody' ptinyatiya reshenij, a takzhe Xronika soby'tij v Volshebny'x stranax: uchebnyk. – M.: Logos, 2000. – 296 s.
2. Arrow K. A Difficulty in the Concept of Social Welfare // Journal of Political Economy. – 1950. – № 4. – P. 328-346.
3. Arrow K. Social Choice and Individual Values, 2nd ed. – New York: Wiley, 1963. – 124 p.
4. Vasiljev S. Cardinal Voting: The Way to Escape the Social Choice Impossibility (April 1, 2008) [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://ssrn.com/abstract=1116545> (data obrashheniya: 20.08.11).

**АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ
И ПРОИЗВОДСТВАМИ**

УДК.681.58:620.92(063)

Н.А. ЗАГОРОДНИХ

**АНАЛИЗ ПОДСИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛОИСТОЧНИКАМИ
В СИСТЕМЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ**

Рассмотрены алгоритмы управления тепловым режимом в ТЭЦ и отдельных теплоисточниках. Сделаны выводы о целесообразности использования аппарата нечеткой логики при разработке системы регулирования температуры теплоносителя в водогрейном котле.

Ключевые слова: система централизованного теплоснабжения; водогрейный котел; контроллер управления; нечеткая логика; алгоритмы управления.

ВВЕДЕНИЕ

Рассматривая процесс теплоснабжения городов России, можно констатировать, что теплоснабжение в городах осуществляется в основном от тепло-электро централи (ТЭЦ) посредством системы централизованного теплоснабжения (СЦТ) и от территориально распределенных котельных. Основным недостатком теплоснабжения от ТЭЦ является транспортное запаздывание (ТРЗ), в связи с чем в периоды резкого изменения температуры наружного воздуха потребители испытывают острый температурный дискомфорт.

На рисунке 1 проиллюстрирована величина транспортного запаздывания для двух объектов Северного района г. Орла, находящихся на различных расстояниях от ТЭЦ [1].

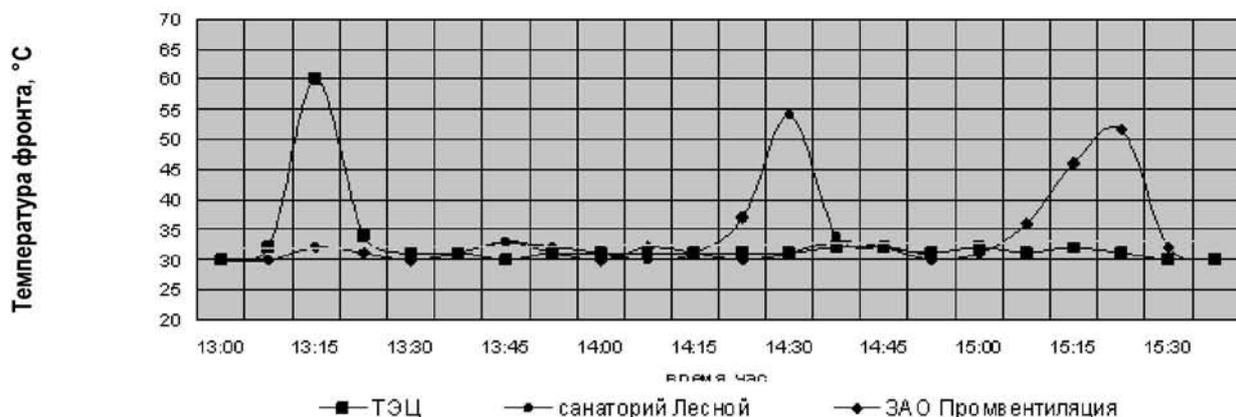


Рисунок 1 – Величина транспортного запаздывания при прохождении фронта температурной волны по магистрали Северного района г. Орла

Отопление от распределенных котельных позволяет решить проблему ТРЗ, однако стоимость энергии от котельных на 30% выше, чем от ТЭЦ [1].

Очевидным решением указанных проблем является использование распределенных котельных в составе КСТ (комбинированная система теплоснабжения) в качестве подогревателя (пиковые теплоисточники), что позволит свести к минимуму влияние транспортного запаздывания, обеспечить в периоды резкого изменения температуры наружного воздуха поддержание температуры теплоносителя у конечного потребителя в соответствии с температурным графиком [2]. В настоящей статье рассматривается анализ алгоритмов управления тепловым режимом на ТЭЦ и отдельных котельных с целью их использования в подсистеме управления пиковым теплоисточником.

**ПРИНЦИП ПОЯВЛЕНИЯ ВРЕМЕННЫХ ЗОН ПРИ УПРАВЛЕНИИ
ТЕПЛОВЫМ РЕЖИМОМ НА ОСНОВЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ГРАФИКА**

Для управления тепловым режимом на объектах промышленного и гражданского назначения в СЦТ используется принцип инвариантности (компенсация возмущающего

воздействия). Поддержание заданного температурного графика осуществляется за счет управления регулирующим клапаном подачи газа на когенерационном источнике (КИ). В каждый момент времени (t+1) положение регулирующего клапана определяется выражением [3]:

$$Y(t+1) = \begin{cases} Y(t), & \text{если } |\chi_T - \chi_{\Pi}| \leq \chi_{\text{доп}} \\ Y(t)^+, & \text{если } |\chi_T - \chi_{\Pi}| > \chi_{\text{доп}} \text{ при } \text{sign}(\chi_T - \chi_{\Pi}) < 0, \\ Y(t)^-, & \text{если } |\chi_T - \chi_{\Pi}| > \chi_{\text{доп}} \text{ при } \text{sign}(\chi_T - \chi_{\Pi}) > 0 \end{cases} \quad (1)$$

где $Y(t)$ – текущее значение расхода топлива в t-тый момент времени; $Y(t)^+$ – увеличение подачи топлива относительно $Y(t)$; $Y(t)^-$ – уменьшение подачи топлива относительно $Y(t)$; sign – знак выражений; $\chi_T, \chi_{\Pi}, \chi_{\text{доп}}$ – текущие, прогнозируемые и допустимые значения параметров температурного графика, при этом:

$$\chi = \frac{\theta_T^* - \theta_B}{\theta_B - \theta_H'}, \quad (2)$$

где θ_T^*, θ_H' – измеренные значения температуры теплоносителя на выходе КИ и температуры наружного воздуха в текущий момент времени; χ_{Π} определяется по выражению (2) при замене θ_H прогнозируемым суточным значением температуры наружного воздуха, выдаваемым прогнозной организацией в виде линейно изменяющейся функции.

Допустимое значение отклонения параметров температурного графика определяется выражением:

$$\chi_{\text{доп}} = \frac{\Delta\theta_{\text{ТЗ}} - \Delta\theta_{\text{ВЗ}}}{\Delta\theta_{\text{ВЗ}} - \Delta\theta_{\text{НЗ}}}, \quad (3)$$

где $\Delta\theta_{\text{ТЗ}}, \Delta\theta_{\text{НЗ}}$ – заданные расчетные значения допустимых отклонений температуры теплоносителя на входе в здание и внутреннего воздуха в здании при экспериментально определенном допустимом отклонении температуры наружного воздуха $\Delta\theta_{\text{НЗ}}$ от заданной линейно изменяющейся температуры во времени.

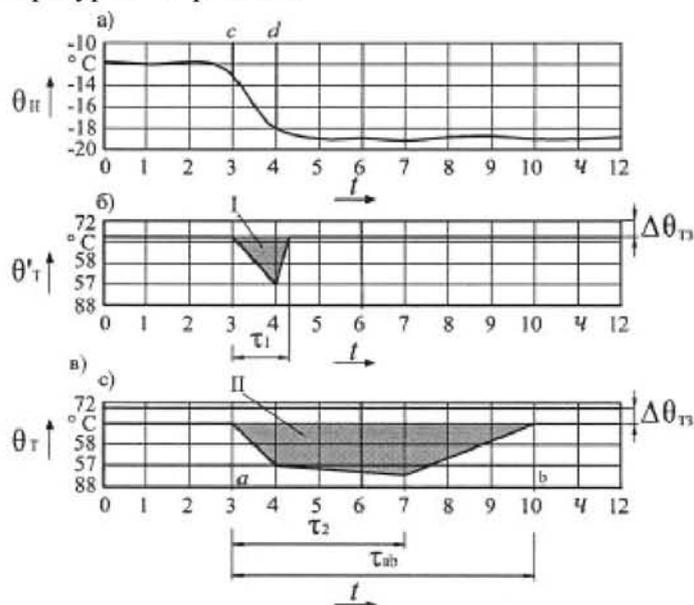


Рисунок 2 – Принцип и характер появления временных зон с нарушением теплового режима
 а), б), в) – графики изменения температур наружного воздуха, теплоносителя на выходе КИ и выходе потребителя; с-д – временной отрезок резкого падения температуры наружного воздуха; I, II – зоны нарушения теплового режима на выходе КИ и входе потребителя; t_1, t_2 – время запаздывания на выходе КИ и входе потребителя; t_{ab} – время нарушения теплового режима на входе потребителя

На рисунке 2 показан принцип и характер появления временных зон, в которых наблюдаются нарушения теплового режима на КИ и у потребителя тепловой энергии при управлении по температурному графику [3].

АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ ВОДОГРЕЙНЫМ КОТЛОМ

В качестве теплоисточников в распределенных котельных используют водогрейные котлы, в частности, газовые. Распространенным водогрейным котлом является котел КВ-ГМ с комплектом средств управления КСУ-1-Г и автоматикой безопасности [4].

На рисунке 3 представлена структурная схема системы управления (СУ) водогрейного котла.

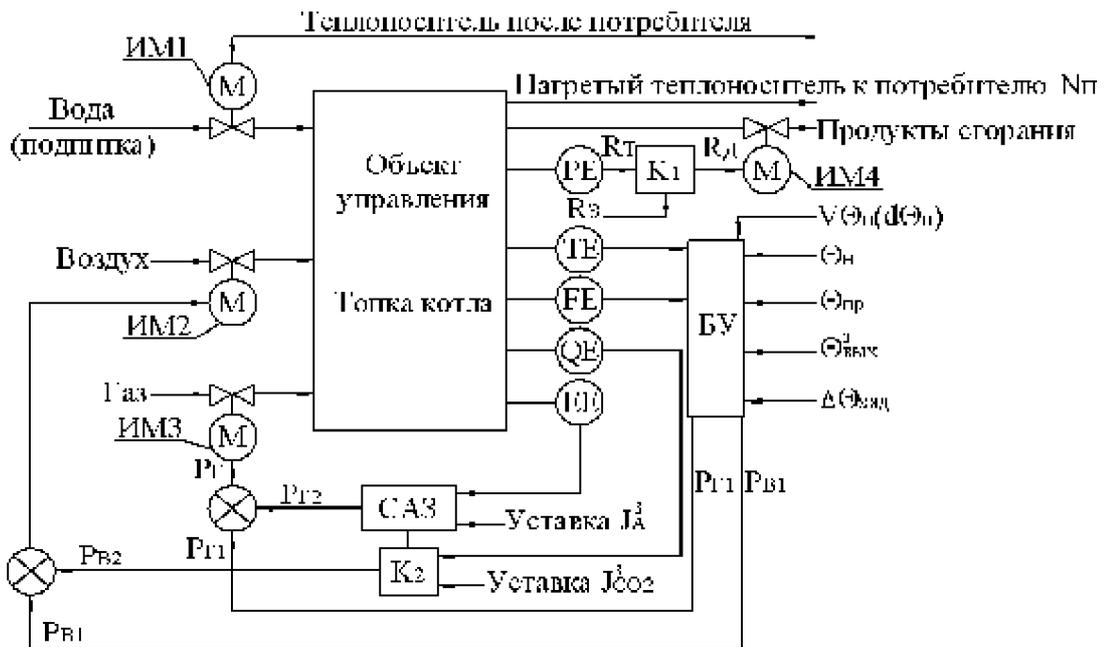


Рисунок 3 – Структурная схема системы управления водогрейным котлом

ИМ1–ИМ4 – исполнительные механизмы подачи теплоносителя, воздуха, газа и открытия дымохода; САЗ – система аварийной защиты и сигнализации; K_1 , K_2 – контроллеры соответственно разряжения в котле и содержания CO_2 в топке; БУ – блок управления гидравлическим и тепловым режимами котла; EE – датчик аварийной защиты и сигнализации; QE – датчик содержания CO_2 (0_2) в топке котла; FE – датчик объема подаваемого газа; TE – датчик температуры горячей воды на выходе котла; PE – датчик разряженности в котле; θ_n – температура наружного воздуха; $\theta_{пр}$ – прогнозируемое значение температуры наружного воздуха за временной промежуток от A до Bi ; $\theta_{вых}$ – текущее значение температуры горячей воды на выходе котла; $\theta_{вых}^3$ – заданное значение температуры горячей воды на выходе котла; $V_{г}$ – текущее значение объема подаваемого газа; J_A^3 – заданное значение аварийных сигналов; J_{CO_2} – заданное значение CO_2 в топке; R_T , R_3 – соответственно текущее и заданное значения разряжения в топке; P_T , P_{T1} , P_{T2} – сигналы исполнительному механизму, реализующему подачу газа, соответственно от блока управления БУ, от системы аварийной защиты и сигнализации САЗ и результирующий сигнал, являющийся сравнением двух указанных; P_B , P_{B1} – сигналы исполнительному механизму, реализующему регулирование разряженности в котле от блока управления БУ и от контроллера K_2 содержания CO_2 в топке

Система управления водогрейным котлом представляется весьма сложной в связи с наличием большого числа подсистем управления, среди которых, с точки зрения подачи теплоносителя, основными являются подсистема управления разрежением в топке котла (ИМ2, ИМ4, рис. 3) и подсистема управления тепловым режимом в топке котла (ИМ1, ИМ2, ИМ3, рис. 3). Поэтому эти подсистемы рассматриваются ниже. На рисунке 4 представлена

функциональная схема АСУ водогрейного котла с системой управления разрежением и подачей воздуха [5].

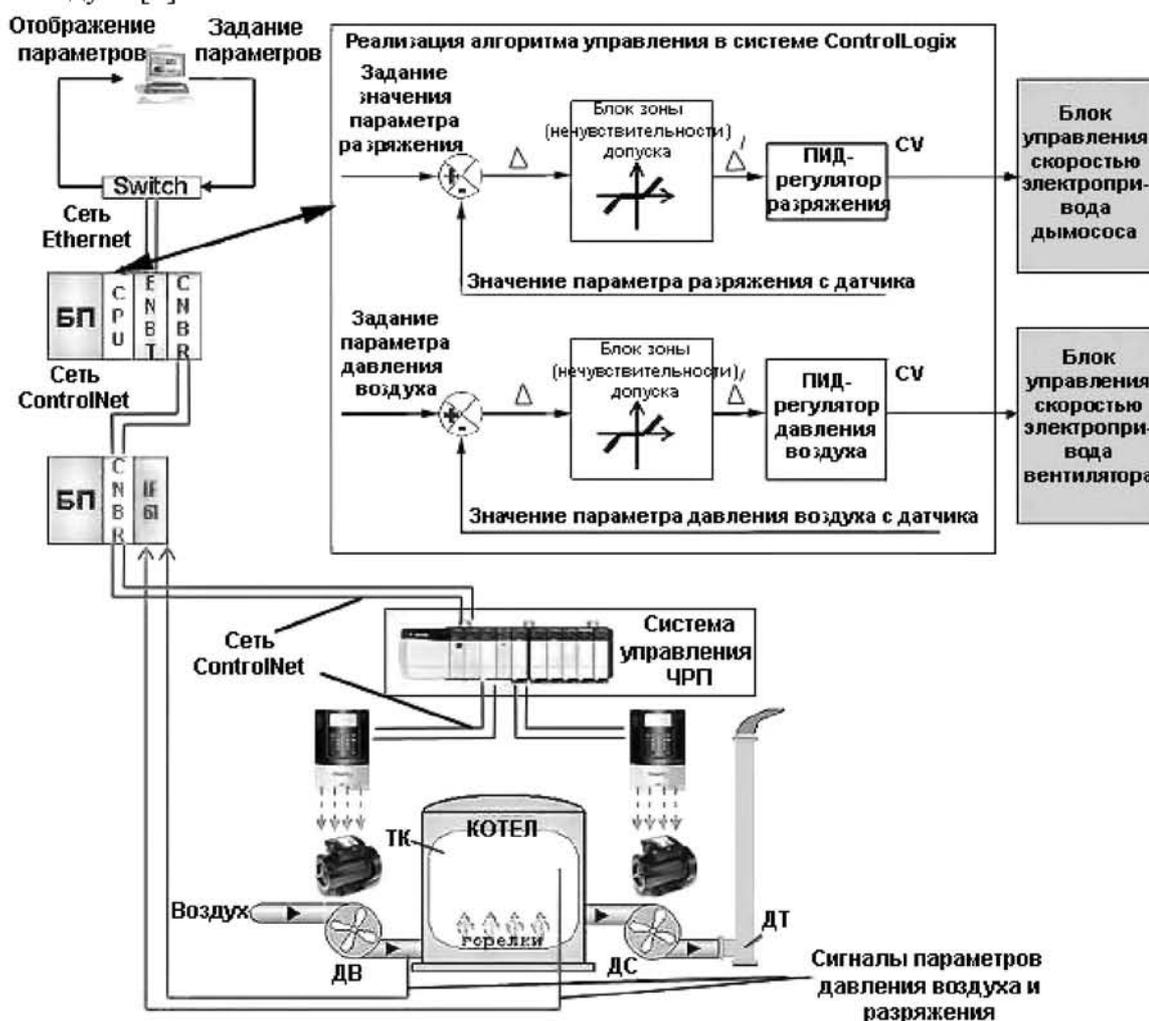


Рисунок 4 – Функциональная схема АСУ водогрейного котла с системой управления разрежением и подачей воздуха

ТК – топка котла, ДВ – дутьевой вентилятор, ДС – дымосос, ДТ – дымовая труба, CV – переменная управления, Δ – сигнал рассогласования

Сигналы параметров давления воздуха и разрежения получают при помощи преобразователя САПФИР-22Д [6] и САПФИР-22М [7].

Основным недостатком рассмотренной системы управления является использование ПИД-регуляторов, требующих постоянной подстройки. Коэффициентами настройки ПИД-регулятора (ПИД коэффициенты) являются K_p , K_i , K_d – пропорциональный, интегральный и дифференциальный коэффициенты регулирования. Различные достаточно сложные алгоритмы настройки ПИД-регулятора и методы расчета ПИД коэффициентов показаны в [8, 9]. Важно то, что в данной схеме отсутствует связь подаваемого воздуха, обеспечивающего горение топливного газа, с подаваемым объемом топливного газа, который обеспечивает задаваемую температуру воды на выходе котла. Эта задача решается в системе коррекции соотношения «топливо-воздух», представленной на рисунке 5 [12].

Для нормального функционирования система управления задается набором нечетких ситуаций, описывающих возможные состояния объекта управления с помощью термов, например: количество воздуха, количество топлива и производительность. Соотношение «топливо-воздух» задается оператором, который, обнаружив, что процесс горения ушел из оптимальной точки, изменяет соотношение, а выход на режим и его поддержание

осуществляет нечеткий регулятор. Однако здесь отсутствует связь между температурой воды на выходе котла и объемом подаваемого газа, а режимы контролируются и задаются вручную оператором, то есть решается только частная задача.

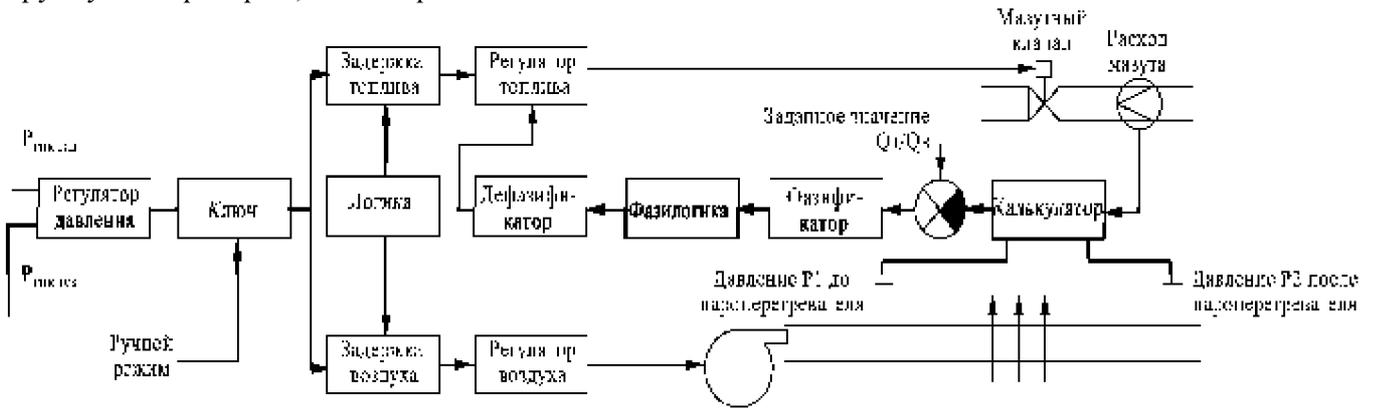


Рисунок 5 – Система коррекции соотношения топливо-воздух

Одним из вариантов прямого управления подачей горячей воды является известная подсистема управления тепловым режимом системы горячего водоснабжения (ГВС) [10]. Структурная схема регулятора температуры теплоносителя подсистемы ГВС представлена на рисунке 6.

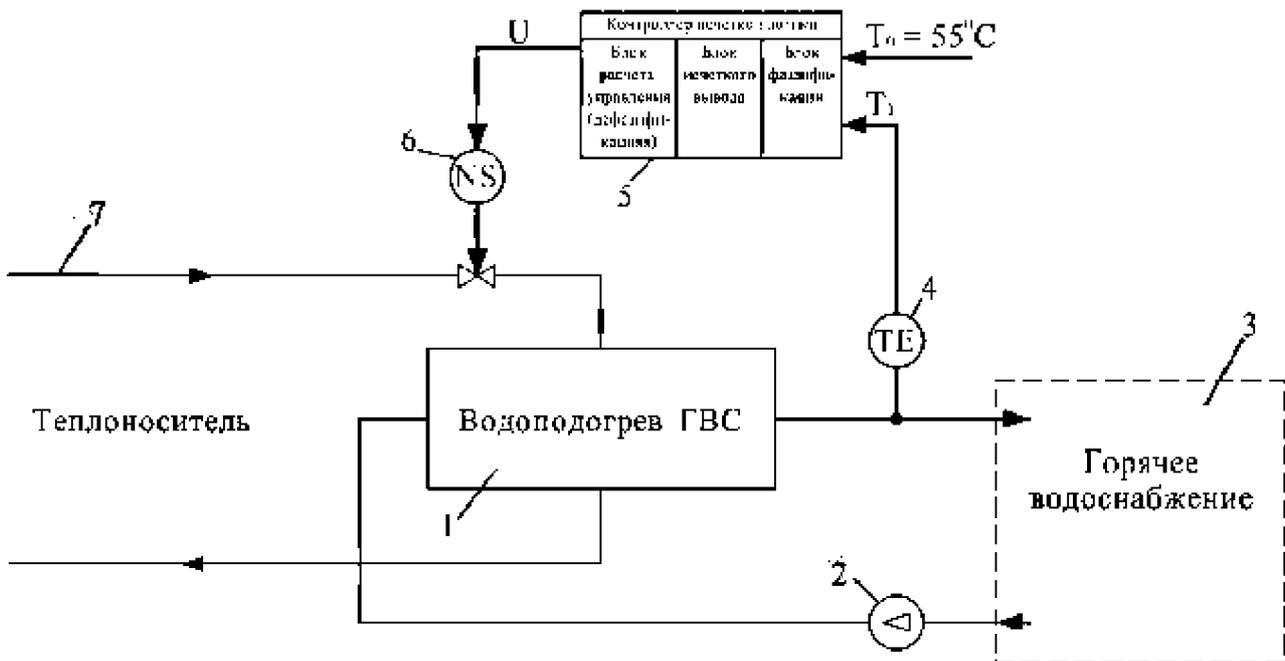


Рисунок 6 – Структурная схема регулятора температуры теплоносителя подсистемы ГВС: 1 – водо-водяной теплообменник; 2 – циркуляционные насосы; 3 – потребитель; 4 – датчик температуры подаваемой горячей воды; 5 – контроллер нечеткой логики – регулятор; 6 – шаровый кран с электрическим приводом; 7 – теплоноситель

Построенный указанным образом регулятор способен поддерживать температуру теплоносителя горячего водоснабжения в заданных пределах путем изменения расхода теплоносителя от внешнего теплоисточника, однако подобного рода регулирование не может быть использовано для регулирования температуры теплоносителя в пиковом теплоисточнике, используемом в составе КСТ, т.к. пиковый теплоисточник в указанной системе подключен к ТЭЦ через теплообменник. В теплообменнике, с одной стороны, строго регламентирована квота теплоносителя с одной стороны, с другой – приведенный регулятор не учитывает заданный температурный график.

Более сложным алгоритмом управления температурным режимом теплоносителя является алгоритм системы управления с использованием нечеткого регулятора, представленный в виде имитационной модели системы регулирования температуры кубовой жидкости на выходе четырехточечной печи [11].

Данная система регулирования температуры кубовой жидкости не может быть использована при разработке системы регулирования температуры теплоносителя в водогрейном котле, т.к. правила работы нечеткого регулятора должны быть разработаны в соответствии с температурным графиком, а также учитывать транспортное запаздывание и резкие (пиковые) изменения температуры наружного воздуха.

ВЫВОД

Для построения полной системы управления пиковым теплоисточником в составе КСТ в рамках поставленных задач представляется целесообразным использование нечетких алгоритмов во всех её подсистемах управления, в том числе, и в подсистеме управления подачей газа в топку пикового теплоисточника в зависимости от заданной температуры воды на его выходе и изменением температуры наружного воздуха.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Петров С.П. Автоматизация когенерационных систем теплоснабжения с распределенными пиковыми нагрузками. Под общей ред. д-ра техн. наук, проф. А.И. Суздальцева / – М.: Машиностроение-1, 2007. – 304 с.
2. Суздальцев А.И. Подходы к управлению когенерационной системой центрального теплоснабжения, ориентированные на повышение ее эффективности / А.И. Суздальцев, С.П. Петров, Н.А. Загородних // Известия Тульского государственного университета. Серия «Технологическая системотехника». – Тула: ТГТУ, 2006. – № 10.
3. Петров С.П. Методологические основы построения и исследования системы управления комбинированным теплоснабжением объектов промышленного и гражданского назначения. Автореф. дисс. ... докт. тех. наук. – Орел, 2010.
4. Водогрейные котлы [Электронный ресурс]. – URL: http://energoteplo.ru/catalog/kotli_vodogreynie_do_35mw_kv-gm.htm.
5. Белов М.В. Исследование и разработка системы управления водогрейным котлом тепловой станции с использованием частотно-регулируемого привода. Автореф. дисс. ... канд. тех. наук. – Москва, 2008.
6. Преобразователи измерительные разности давлений САПФИР-22ДД (ДД-Ех) [Электронный ресурс]. – Электрон., текстовые, граф. дан. – URL: <http://www.td-pribor.ru/index.php?id=3&open=5527&table=184&str=0>.
7. Преобразователь измерительный САПФИР-22М. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. 08906128 ТО [Электронный ресурс]. – URL: http://www.google.ru/url?sa=t&source=web&cd=6&ved=0CEQQFjAF&url=http%3A%2F%2Fwww.eposignal.ru%2Fupload%2Fiblock%2F1c1%2Fteh_opis_22z.doc&ei=KZDsTbuTCI608QPwgJ3HAQ&usg=AFQjCNFrW6KmiuM3yK1gRLSDV1QXxYMNFg.
8. Зорин С.В. ПИД-закон регулирования. Метод нахождения ПИД-коэффициентов [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.termodat.ru/pdf/pid.pdf>.
9. Корниенко Д.Г. Измерители-регуляторы температуры. Общие сведения [Электронный ресурс]. – URL: http://logic-bratsk.ru/radio/pid/irt/main1_10.htm.
10. Метод построения регулятора температуры на основе нечеткой логики [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.ideasandmoney.ru/Ntrr/Details/116313>.
11. Угрватов А.Ю. Совершенствование систем автоматизации процесса нагрева кубовой жидкости реактификационных колонн на основе методов нечеткой логики. Автореф. дисс. ... канд. тех. наук. – Пенза, 2009.
12. Всероссийская научно-техническая конференция «Наука и образование – 2002». Применение ситуационных моделей в системах управления технологическими процессами / Прохоренков А.В., Никитенко А.А., Ерёмченко Д.С. [Электронный ресурс]. – URL: http://www.mstu.edu.ru/science/conferences/anniversary_ntk/materials/section1/section1_11.html.

Загородних Николай Анатольевич
 ФГБОУ ВПО «Госунiversитет–УНПК», г. Орел
 Аспирант
 E-mail: nick2112@mail.ru

N.A. ZAGORODNIKH (*Post-graduate student*)
State University – ESPC, Orel

THE ANALYSIS OF HEAT SOURCES CONTROL SUB-SYSTEMS IN A HEAT SUPPLY SYSTEM

Thermal conditions control algorithms for heat stations and various heat sources have been examined. The conclusion has been drawn about the utility of fuzzy logic apparatus in designing the heat carrier temperature regulatory systems for water boiler.

Keywords: *central heat supply system; the water boiler; the controller of management; fuzzy logic; control algorithms.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Petrov S.P. Avtomatizaciya kogeneracionny'x sistem teplosnabzheniya s raspredelyonny'mi pikovy'mi nagruzkami. Pod obshhej red. d-ra texn. nauk, prof. A.I. Suzdal'ceva. – M.: Mashinostroenie-1, 2007. – 304 s.
2. Suzdal'cev A.I. Podxody' k upravleniyu kogeneracionnoj sistemoj central'nogo teplosnabzheniya, orientirovanny'e na povы'shenie eyo e'ffektivnosti / A.I. Suzdal'cev, S.P. Petrov, N.A. Zagorodnix // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya «Texnologicheskaya sistemotexnika». – Tula: TGTU, 2006. – № 10.
3. Petrov S.P. Metodologicheskie osnovy' postroeniya i issledovaniya sistemy' upravleniya kombinirovanny'm teplosnabzheniem ob'ektov promy'shlennogo i grazhdanskogo naznacheniya. Avtoref. diss. ... dokt. tex. nauk. – Oryol, 2010.
4. Vodogrejnny'e kotly' [E'lektronny'j resurs]. – URL: http://energoteplo.ru/catalog/kotli_vodogreinie_do_35mw_kv-gm.htm.
5. Belov M.V. Issledovanie i razrabotka sistemy' upravleniya vodogrejnny'm kotlom teplovoj stancii s ispol'zovaniem chastotno-reguliruemogo privoda. Avtoref. diss. ... kand. tex. nauk. – Moskva, 2008.
6. Preobrazovateli izmeritel'ny'e raznosti davlenij SAPFIR-22DD (DD-Ex) [E'lektronny'j resurs]. – E'lektron., tekstovy'e, graf. dan. – URL: <http://www.td-pribor.ru/index.php?id=3&open=5527&table=184&str=0>.
7. Preobrazovatel' izmeritel'ny'j SAPFIR-22M. Texnicheskoe opisanie i instrukciya po e'kspluatatsii. 08906128 TO [E'lektronny'j resurs]. – URL: http://www.google.ru/url?sa=t&source=web&cd=6&ved=0CEQQFjAF&url=http%3A%2F%2Fwww.eposignal.ru%2Fupload%2Fiblock%2F1c1%2Fteh_opis_22z.doc&ei=KZDsTbuTCI608QPwgJ3HAQ&usg=AFQjCNFrW6KmiuM3yK1gRLSDV1QXxYMNfG.
8. Zorin S.V. PID-zakon regulirovaniya. Metod naxozhdeniya PID-koe'fficientov [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.termodat.ru/pdf/pid.pdf>.
9. Kornienko D.G. Izmeriteli-regulyatory' temperatury'. Obshhie svedeniya [E'lektronny'j resurs]. – URL: http://logic-bratsk.ru/radio/pid/irt/main1_10.htm.
10. Metod postroeniya regulyatora temperatury' na osnove nechyotkoj logiki [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.ideasandmoney.ru/Ntrr/Details/116313>.
11. Ugrevatov A.Yu. Sovershenstvovanie sistem avtomatizatsii processa nagreva kubovoj zhidkosti reaktifikacionny'x kolonn na osnove metodov nechyotkoj logiki. Avtoref. diss. ... kand. tex. nauk. – Penza, 2009.
12. Vserossijskaya nauchno-texnicheskaya konferenciya «Nauka i obrazovanie – 2002». Primenenie situacionny'x modelej v sistemax upravleniya texnologicheskimi processami / Proxorenkov A.V., Nikitenko A.A., Eryomenko D.S. [E'lektronny'j resurs]. – URL: http://www.mstu.edu.ru/science/conferences/anniversary_ntk/materials/section1/section1_11.html.

УДК 51-74

Е.В. ЛЕОНТЬЕВА

МЕТОДИКА ОПТИМИЗАЦИИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВОДОЗАБОРОВ В СЛОЖНОЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКЕ

Предложена методика, которая позволяет выявить направленность и интенсивность протекающих процессов во времени, дать прогноз развития изменения качества в извлекаемой из скважин воде на определенный период и выработать стратегию эксплуатации водозабора на прогнозируемый период с учетом направленности процессов для обеспечения подачи воды водозабором, соответствующей санитарным нормам.

Ключевые слова: системный анализ; качество воды; модель оптимизации; эксплуатация водозабора; концентрация.

Большинство источников водоснабжения водозаборов хозяйственно-питьевого назначения, расположенных в пределах жилой и промышленной застроек, испытывают интенсивное техногенное и антропогенное воздействие. Это выражается в превышении фоновых, нормативных показателей качества воды, например, по сухому остатку, хлоридам, нитратам и так далее как по отдельным скважинам, так и по водозабору в целом.

Для того, чтобы качество воды в целом по водозабору соответствовало нормативным требованиям, необходимо регулировать соотношение долей эксплуатирующих скважин с различным, в том числе, повышенным содержанием загрязняющих веществ.

Поэтому основной задачей является разработка методики, которая позволила бы выявить направленность и интенсивность протекающих процессов во времени, дать прогноз развития изменения качества извлекаемой из скважин воды на определенный период и выработать стратегию эксплуатации водозабора (оптимальное соотношение долей используемых скважин) на прогнозируемый период с учетом направленности процессов для обеспечения подачи воды водозабором, соответствующей санитарным нормам.

Проработка методов и моделей системного анализа показала, что для достижения данной цели наиболее подходит метод Марковица [2, 3, 5]. Системный анализ данных по методу Марковица основывается на использовании прогнозного изменения исследуемых данных во времени и оценки риска (стандартного отклонения) по отдельному объекту и их группе, позволяет выявить тенденцию изменения выбранного параметра за прошедший период времени, определить направленность тренда в прогнозируемый период и на основе полученных данных выработать оптимальную стратегию функционирования модели.

Рассмотрим реализацию методики системного анализа оптимизации эксплуатации водозаборов в сложной экологической обстановке на примере минимизации увеличения концентрации сухого остатка в пяти водозаборных скважинах ЗАО «Белцемент», которая включает девять этапов.

Этап 1. Производится оценка представительности и достоверности используемых протоколов анализов путем их сопоставления с перечнем показателей из рабочей программы производственного контроля источника водоснабжения на участке добычи, выполненной в соответствии с «Правилами» СанПиН 2.1.4.1074-01 [1].

Этап 2. Проводится расчет фактических направленностей, интенсивностей изменения концентрации сухого остатка путем определения прироста за квартал по пяти скважинам.

Исходными данными служат реальные данные по замерам концентраций сухого остатка в пяти водозаборных скважинах ЗАО «Белцемент» в период 2002-2007 гг. Срок прогнозирования – 1 квартал. Расчет изменения концентрации показателя качества воды за соответствующий период времени определяется по формуле:

$$r_i = \frac{r_{i(\text{тек.})} - r_{i(\text{прош.})}}{r_{i(\text{прош.})}}, \quad (1)$$

где $r_{i(\text{тек.})}$ – концентрация показателя качества воды за текущий период;

$r_{i(\text{прош.})}$ – концентрация показателя качества воды за прошлый период.

На основе полученных данных рассчитывается прогнозное изменение по каждой скважине, которое указывает на то, что в будущем прогнозном периоде "теоретически" можно ожидать от изменений. Расчет производился по формуле:

$$r_{\text{сред.}} = \sum (r_i \cdot P(i)), \quad (2)$$

где $P(i) = m/n$ – вероятность наступления события (i);

m – частота повторения события (i);

n – число наблюдений.

Далее, применяя данный алгоритм ко всем скважинам, получены следующие результаты (табл. 1):

Таблица 1 – Прогнозируемые изменения

Прогнозируемые изменения	
скважина, №	изменение, %
скважина 3	0.10
скважина 4	0.44
скважина 7	-0.69
скважина 5	0.45
скважина 1	-0.02

Этап 3. Производится расчет риска совершения события с помощью дисперсии и стандартного отклонения. Дисперсия показывает меру разброса возможных исходов относительно ожидаемого значения. Формула для расчета дисперсии следующая:

$$\sigma^2 = \frac{\sum (r_i - r_{\text{сред.}})^2}{(n-1)}, \quad (3)$$

где r_i – изменение показателя; $r_{\text{сред.}}$ – прогнозное (среднее) изменение показателя; n – число наблюдений.

Стандартное отклонение является квадратным корнем из дисперсии.

$$\sigma_p = \sqrt{\sigma^2} \quad (4)$$

Результат расчетов дисперсии и стандартного отклонения представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Дисперсии и стандартные отклонения

Скважина, №	Дисперсия, %	Стандартное отклонение, %
скважина 3	4.74	22.42
скважина 4	11.49	131.94
скважина 7	2.16	4.67
скважина 5	4.48	20.09
скважина 1	9.72	94.46

Итак, можно констатировать, что наиболее рискованной с точки зрения меры разброса возможных исходов относительно ожидаемого значения является скважина № 4, риск которой равен 11,49%, наименее рискованной является скважина № 7.

Этап 4. Произвести расчет взаимосвязей изменения показателей качества воды между скважинами, который основывается на расчете и построении матриц ковариации и корреляции.

Расчет ковариации находится по следующей формуле:

$$Cov(x, y) = \frac{\sum (r_x - r_{x(\text{сред.})}) \cdot (r_y - r_{y(\text{сред.})})}{n - 1}, \quad (5)$$

где r_x и r_y – ежеквартальные изменения концентраций x и y ; $r_{x(\text{сред.})}$ и $r_{y(\text{сред.})}$ – прогнозные (средние) изменения концентраций показателей x и y ; n – число наблюдений.

Интерпретировать ковариацию, также, как и дисперсию, довольно тяжело ввиду больших численных значений, поэтому практически всегда для измерения силы взаимосвязи между двумя показателями используется коэффициент корреляции. Расчет корреляции осуществляется по формуле:

$$p = \frac{Cov(x, y)}{(\sigma_x \cdot \sigma_y)}, \quad (6)$$

где $Cov(x, y)$ – ковариация между скважинами x и y ; σ_x и σ_y – стандартные отклонения скважин x и y .

Итоговые таблицы значений ковариации и корреляции скважин представлены в таблицах 3 и 4.

Таблица 3 – Таблица ковариаций

Скважина, №	скважина 3	скважина 4	скважина 7	скважина 5	скважина 1
скважина 3	22.42	-10.53	-1.40	-0.90	-9.50
скважина 4	-10.53	131.94	-1.75	-0.84	7.31
скважина 7	-1.40	-1.75	4.67	-2.13	5.96
скважина 5	-0.90	-0.84	-2.13	20.09	-1.58
скважина 1	-9.50	7.31	5.96	-1.58	94.464

Таблица 4 – Таблица корреляций

Скважина, №	скважина 3	скважина 4	скважина 7	скважина 5	скважина 1
скважина 3	1.00	-0.19	-0.14	-0.04	-0.21
скважина 4	-0.19	1.00	-0.07	-0.02	0.07
скважина 7	-0.14	-0.07	1.00	-0.22	0.28
скважина 5	-0.04	-0.02	-0.22	1.00	-0.04
скважина 1	-0.21	0.07	0.28	-0.04	1.00

Как видно из таблицы корреляции, ежеквартальные изменения концентраций в скважинах № 3, 4, 7, 5, 1 на временном отрезке 2002-2007гг/ являются отрицательно-коррелированными или близкими к нулю.

Этап 4. Был выполнен расчет прогнозного изменения и стандартного отклонения общей концентрации по водозабору, который базируется на рассчитанных ранее показателях прогнозного изменения, ковариации по скважинам, а также на текущем режиме работы скважин (доли в процентах).

Для начала было рассчитано прогножное изменение общей концентрации по водозабору по формуле:

$$E(r) = \sum n_i \cdot E(r_i), \quad (7)$$

где n_i – доля i -ой скважины в общем изменении концентрации; $E(r_i)$ – прогножное изменение i -ой скважины.

Затем определена дисперсия общего изменения концентрации по водозабору:

$$\sigma^2 = \sum \sum n_i \cdot n_j \cdot Cov(r_i \cdot r_j), \quad (8)$$

где σ^2_P – дисперсия общего изменения концентрации; n_i и n_j – доли i-ой и j-ой скважине в водозаборе; $Cov(r_i, r_j)$ – ковариация прогнозного изменения скважин i и j.

Найдено стандартное отклонение изменения общей концентрации по формуле (4).

Для расчета прогнозного изменения и стандартного отклонения общей концентрации по водозабору составлена следующая таблица (табл. 5) для более детального отражения последующих действий.

Таблица 5 – Формулы для расчета прогнозного изменения и стандартного отклонения общей концентрации по водозабору

Скважина, №	доли	3	4	7	5	1
	n_j n_i	n_3	n_4	n_7	n_5	n_1
3	n_3	$n_3 * n_3 * cov(3,3)$	$n_3 * n_4 * cov(3,4)$	$n_3 * n_7 * cov(3,7)$	$n_3 * n_5 * cov(3,5)$	$n_3 * n_1 * cov(3,1)$
4	n_4	$n_4 * n_3 * cov(4,3)$	$n_4 * n_4 * cov(4,4)$	$n_4 * n_7 * cov(4,7)$	$n_4 * n_5 * cov(4,5)$	$n_4 * n_1 * cov(4,1)$
7	n_7	$n_7 * n_3 * cov(7,3)$	$n_7 * n_4 * cov(7,4)$	$n_7 * n_7 * cov(7,7)$	$n_7 * n_5 * cov(7,5)$	$n_7 * n_1 * cov(7,1)$
5	n_5	$n_5 * n_3 * cov(5,3)$	$n_5 * n_4 * cov(5,4)$	$n_5 * n_7 * cov(5,7)$	$n_5 * n_5 * cov(5,5)$	$n_5 * n_1 * cov(5,1)$
1	n_1	$n_1 * n_3 * cov(1,3)$	$n_1 * n_4 * cov(1,4)$	$n_1 * n_7 * cov(1,7)$	$n_1 * n_5 * cov(1,5)$	$n_1 * n_1 * cov(1,1)$
сумма	.00	$\sum n_i * n_3 * cov(r_i, r_j)$	$\sum n_i * n_4 * cov(r_i, r_j)$	$\sum n_i * n_7 * cov(r_i, r_j)$	$\sum n_i * n_5 * cov(r_i, r_j)$	$\sum n_i * n_1 * cov(r_i, r_j)$
дисперсия σ^2	$\sum \sum n_i * n_j * cov(r_i, r_j)$					
стандарт. отклон. σ	$\sqrt{\sigma^2}$					
прогнозное изменение $E(r)$	$\sum n_i E(r_i)$					

Этап 5. Производился поиск эффективных соотношений долей скважин относительно изменения общей концентрации по водозабору при помощи Microsoft Excel, а точнее, при помощи встроенного в него компонента Solver, который позволяет при изменении значения общей концентрации с определенным шагом получить эффективное множество соотношений долей по скважинам.

Так, задав Solver найти решение, изменяя целевую ячейку стандартного отклонения общей концентрации равной минимальному значению при следующих ограничениях (сумма долей равна 1 при заданном прогнозируемом изменении общей концентрации по водозабору), получили определенный набор долей.

Таким образом, получается, что при минимальном стандартном отклонении 1,506%, прогнозируемое изменение концентрации сухого остатка в целом по водозабору снизится на 0,3%. Для достижения этих изменений при эксплуатации водозабора доля использования скважины № 3 должна составлять 16,156%, скважины №4 должна составлять 3,776%, скважины № 7 – 60,183%, скважины № 5 – 18,583%, скважины № 1 – 1,302%.

Ниже представлена таблица 6, отражающая средние (прогнозные) изменения и риски общей концентрации с различными долями скважин. Используя Solver с шагом 0,1, перебираем значения прогнозируемого изменения общей концентрации в водозаборе. В

результате получаем минимальное стандартное отклонение, соответствующее каждому значению и доли эксплуатации скважин. Таким образом, прогнозное снижение общей концентрации по водозабору на 0,6% соответствует стандартному отклонению в 1,942%, то есть для достижения этого результата на конец прогнозного периода необходима эксплуатация скважин согласно полученных долей.

Таблица 6 – Соотношение долей скважин относительно изменения прогнозной общей концентрации в водозаборе

Соотношение долей скважин относительно изменения общей концентрации						
Прогнозное изменение общей концентрации в водозаборе, %	Стандартное отклонение (риск), %	Доля, %				
		скважина 3	скважина 4	скважина 7	скважина 5	скважина 1
-0.6	1.942	6.571	0.676	89.973	2.780	0.000
-0.5	1.714	9.809	1.753	80.207	8.231	0.000
-0.4	1.562	13.012	2.795	70.310	13.535	0.348
-0.3	1.506	16.156	3.776	60.183	18.583	1.302
-0.2	1.554	19.300	4.756	50.056	23.631	2.257
-0.1	1.698	22.444	5.738	39.929	28.679	3.210
0	1.916	25.588	6.717	29.803	33.728	4.164
0.1	2.187	28.732	7.698	19.676	38.776	5.118
0.2	2.493	31.877	8.678	9.549	43.824	6.072
0.3	2.824	33.832	9.737	0.000	49.928	6.503
0.4	3.573	13.868	11.995	0.000	74.137	0.000

Этап 6. Выполнено построение минимально-дисперсионной границы, которое основывается на соотношении «риск-прогноз» эффективного множества. Это граница, на которой лежит определенный набор режимов эксплуатации скважин в долях с минимальным риском при заданном изменении общей концентрации по водозабору, данная граница позволяет определить минимально-дисперсионное изменение общей концентрации.

На основе полученных рисков (стандартных отклонений) и прогнозных изменений из таблицы выполнено построение и определено минимально-дисперсионное изменение общей концентрации (рис. 1).

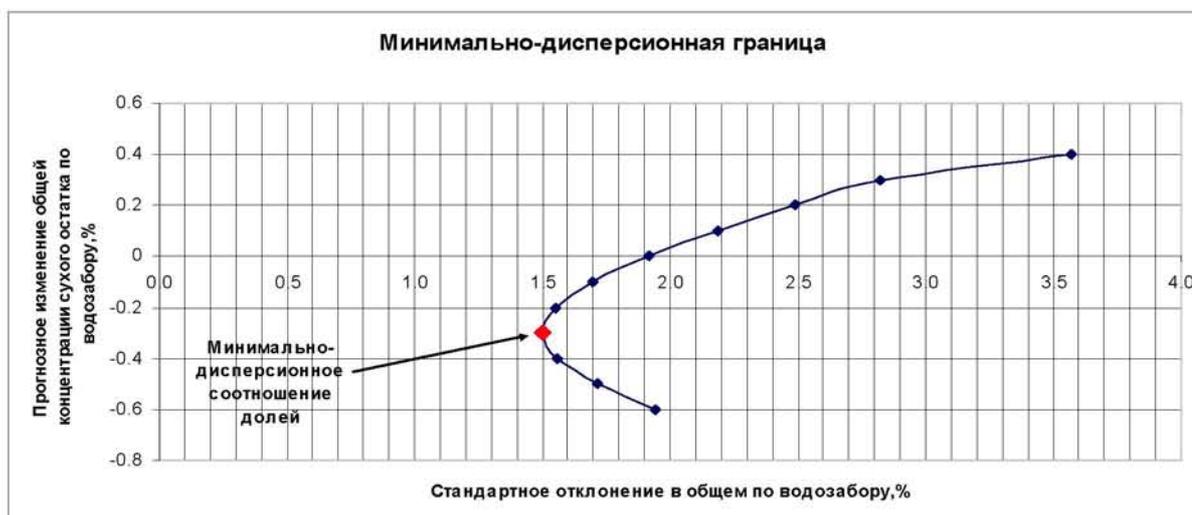


Рисунок 1 – Минимально-дисперсионная граница

Как видно из графика, минимально-дисперсионное прогнозное изменение общей концентрации, соответствует снижению концентрации сухого остатка на 0,3% при стандартном отклонении на 1,506%.

Этап 7. На данном этапе проводился сравнительный анализ с графическим отображением результатов между работой скважин с минимально-дисперсионным соотношением долей с равномерным соотношением долей и работой скважин с разнообразными вариантами соотношения долей.

Для сравнения определялось прогнозное изменение и стандартное отклонение для равномерного соотношения долей, задав долю каждой скважины пропорционально их количеству. Следовательно, доля каждой скважины составит 0,2, т.е. 20%. Общая доля равна 1. Получены значения прогнозного изменения концентрации по водозабору в целом и стандартное отклонение. Более наглядное отображение представлено в созданной с помощью Excel таблице 7.

Таблица 7 – Расчет прогнозного изменения и стандартного отклонения общей концентрации по водозабору

Расчет прогнозного изменения и стандартного отклонения общей концентрации по водозабору							
Скважина, №	доли	3	4	7	5	1	3
	$\frac{n_j}{n_i}$	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
3	0.20	0.896994	-0.421075	-0.055842	-0.035990	0.379819	0.896994
4	0.20	-	5.277584	-0.070097	-0.033426	0.292376	-0.421075
7	0.20	-	-0.070097	0.186862	-0.085046	0.238578	-0.055842
5	0.20	-	-0.033426	-0.085046	0.803690	0.063127	-0.035990
1	0.20	-	0.292376	0.348773	-0.110085	3.778549	-0.379819
сумма	1.00	0.384087	4.752985	-0.024123	0.649228	3.866558	0.384087
дисперсия σ^2		9.629					
стандарт. отклон. σ		3.103					
прогнозное изменение $E(r)$		0.056					

Таким же образом получены значения прогнозного изменения концентрации по водозабору в целом и стандартное отклонение для разнообразных вариантов соотношения долей (табл. 8).

Таблица 8 – Разнообразные варианты сравнения соотношения долей скважин

Прогнозное изменение, %	Стандартное отклонение, %	Доли, %				
		3	4	5	6	7
1	2	3	4	5	6	7

Продолжение таблицы 8.

1	2	3	4	5	6	7
0.056	3.103	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
0.170	3.979	20.0	30.0	10.0	20.0	20.0
0.146	3.692	40.0	30.0	10.0	10.0	10.0
0.065	5.406	10.0	20.0	10.0	10.0	50.0
0.2006	3.106	10.0	10.0	10.0	50.0	20.0
0.188	3.400	15.0	25.0	10.0	30.0	15.0

Для наглядности полученные данные нанесены на график (рис. 2).

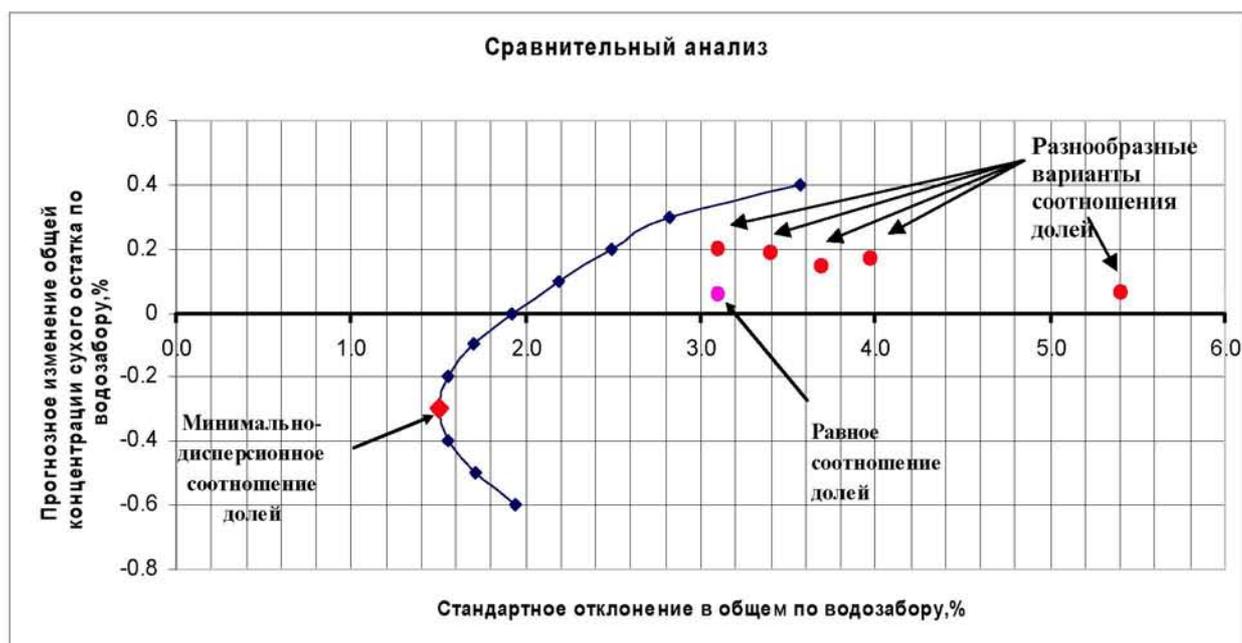


Рисунок 2 – Сравнительный анализ

Проведенный сравнительный анализ показал, что минимально-дисперсионное прогнозное изменение общей концентрации соответствует снижению концентрации на 0,3% при риске (стандартном отклонении) 1,506% с соотношением долей скважины № 3 – 16,2%, скважины № 4 – 3,8% , скважины № 7 – 60,2%, скважины № 5 – 18,6%, скважины № 1 – 1,3%.

При равномерном распределении долей прогнозируется изменение направленности процесса на противоположный знак, т.е. повышение концентрации сухого остатка на 0,056% при стандартном отклонении 3,103%, что усугубит экологическое состояние водозабора и является не эффективным. У всех остальных вариантов прогнозируется увеличение концентрации сухого остатка при высоком стандартном отклонении, следовательно, они также являются не эффективными.

Этап 8. Осуществляется эксплуатация водозабора с принятым соотношением долей скважин.

Этап 9. По окончании эксплуатации водозабора с принятым соотношением долей осуществить контроль показателей качества на конец прогнозного периода, выполнить зонирование источника водоснабжения по степени выраженности влияния техногенного фактора и выработать решение о необходимости корректировки режима эксплуатации водозабора на следующий период [4].

ВЫВОД

1. Обоснована и разработана методика системного анализа оптимизации эксплуатации водозаборов в сложной экологической обстановке.

2. На основе проведенных теоретических исследований получена возможность:
- выявить направленность и интенсивность изменения концентраций сухого остатка по скважинам водозабора;
 - дать прогноз развития процессов на определенный период времени (квартал, месяц, год и т.д.);
 - определить силу взаимосвязи между анализируемыми показателями качества воды;
 - выработать стратегию эксплуатации водозабора на прогнозируемый период с учетом направленности процессов и заданного риска событий;
 - провести сравнительный анализ решений по режимам работы водозабора;
 - выбрать оптимальное решение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СанПиН 2.1.4.1074-01. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. – М., 2001.
2. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. – М.: Высшая школа, 2002. – 479 с.
3. Дулепов В.И., Лескова О.А, Майоров И.С. Системная экология. – М.: Наука, 2007. – 64 с.
4. Леонтьева Е.В., Квачев В.Н. Методические аспекты зонирования источников водоснабжения по степени выраженности влияния техногенных факторов. – М.: МАКС Пресс, 2010. – С. 391-396.
5. Harry M. Markowitz Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investments. – John Wiley & Sons, 1959.

Леонтьева Елена Васильевна

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

Аспирант

Тел.: 8 (4722) 26-44-31

E-mail: Lena_kv_v@mail.ru

E.V. LEONTYEVA (*Post-graduate student*)
Belgorod State University, National Research University

TECHNIQUE OF OPTIMIZATION OF OPERATION OF WATER INTAKES IN DIFFICULT ECOLOGICAL CONDITIONS

The offered technique allows to reveal an orientation and intensity of proceeding processes in time, to give the forecast of development of change of quality of water, to develop strategy of operation of a water intake.

Keywords: *the system analysis; quality of water; optimization model; water intake operation; concentration.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. SanPin 2.1.4.1074-01. Gigenicheskie trebovaniya k kachestvu vody` centralizovanny`x sistem pit`evogo vodosnabzheniya. Kontrol` kachestva. – М., 2001.
2. Gmurman V.E. Teoriya veroyatnostej i matematicheskaya statistika. – М.: Vy`sshaya shkola, 2002. – 479 s.
3. Dulepov V.I., Leskova O.A., Majorov I.S. Sistemnaya e`kologiya. – М.: Nauka, 2007. – 64 s.
4. Leont`eva E.V., Kvachyov V.N. Metodicheskie aspekty` zonirovaniya istochnikov vodosnabzheniya po stepeni vy`razhennosti vliyaniya texnogenny`x faktorov. – М.: MAKS Press, 2010. – S. 391-396.
5. Harry M. Markowitz Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investments. – John Wiley & Sons, 1959.

УДК 621.34

В. А. ЛОБАНОВА, О. А. ВОРОНИНА

ЭЛЕКТРОННЫЕ РЕГУЛЯТОРЫ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

Рассмотрены вопросы использования регуляторов на основе нечеткой логики в системах автоматического управления различной конфигурации. Приведены результаты исследования систем с нечеткими регуляторами.

Ключевые слова: нечеткая логика; термы; фаззификация; пропорционально-интегральный регулятор.

ВВЕДЕНИЕ

Задача разработки универсальных систем мониторинга различных аспектов функционирования нефтеперерабатывающих предприятий, действующих в режиме реального времени и позволяющих осуществлять контроль и управление при различных уровнях и масштабах систем в соответствии с «Энергетической стратегией России до 2020 года» (утв. Правительством РФ в 2003 г.), является задачей первого приоритета.

В стране в настоящее время вводятся в эксплуатацию нефтеперерабатывающие мини-заводы, способные обеспечить бензином, дизельным топливом и мазутом потребности, например, сельского хозяйства области. Такие предприятия оснащены, как правило, современным оборудованием, десятками многометровых стальных колонн, где происходят химические реакции, путаницей трубопроводов, огромными цистернами. Завод «выпивает» за несколько суток железнодорожный состав нефти и выдает бензин разных марок, керосин, смазочные масла и другие химические продукты.

Переработка нефти является сложным процессом. В процессе производства с нефтью производят десятки разных превращений: нагревают, очищают, сжимают, заставляют испаряться. Следовательно, качество всей работы завода, «выход» готовых продуктов, затраты энергии и так далее зависят от того, насколько правильно выбраны и точно поддерживаются температура и давление текущей по трубам нефтяной «реки». Их все время приходится измерять и «подправлять», регулировать, потому что в случае предоставления их самим себе они меняются, «дышат». Это и является главным в управлении работой нефтеперерабатывающего завода.

При автоматизации любого нефтеперерабатывающего завода необходимо исключить влияние субъективных факторов, так как даже самый опытный оператор-человек не может уследить одновременно за сотней приборов, стрелки которых все время «гуляют», кроме того, оператору надо еще сообразить, что именно и насколько подрегулировать. Эти работы возложены на электронику, которая не только измеряет и автоматически регулирует всю установку, но и выбирает наиболее выгодные режимы ее работы. У такой машины обязательно должны быть «глаза» и «руки». «Глаза» – это датчики, которые измеряют и передают в машину все данные о работе установки. «Руки» – это механизмы, выполняющие ее команды: открывают и закрывают задвижки на трубах, включают насосы, изменяют температуру и так далее.

Наблюдения в реальном времени за технологическими процессами, решение проблем, связанных с практической реализацией систем управления технологическими процессами, должны поддерживаться современными регуляторами с определенным запасом «интеллектуальности». Поэтому авторы считают целесообразным использовать свойства нечеткой логики, обрабатывать неполную информацию, моделировать человеческие знания и выдавать обоснованные решения. Использование нечеткой логики в системах управления позволяет уменьшить вмешательство оператора в процесс управления и, следовательно, позволяет разработать новые методики управления, более адаптированные к промышленной среде.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕГУЛЯТОРОВ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ В САУ

Регуляторы, построенные на базе нечеткой логики, в ряде случаев способны обеспечить более высокие показатели качества переходных процессов по сравнению с классическими регуляторами. Кроме того, используя методы синтеза нечетких алгоритмов управления, можно выполнить оптимизацию сложных контуров регулирования без проведения всесторонних математических исследований.

Исследование объектов химической технологии с помощью аппарата линейных дифференциальных уравнений не всегда возможно, так как большинство объектов являются существенно нелинейными, т.е. их поведение описывается нелинейными дифференциальными уравнениями. Нелинейные зависимости, встречающиеся в дифференциальных уравнениях, можно условно разделить на три класса:

I – типичные нелинейности, встречающиеся в электромеханических устройствах и в устройствах автоматики;

II – нелинейности теоретического или экспериментального происхождения, заданные в виде графических зависимостей (рис. 1 (а, б)).

III – нелинейности типа перемножения/деления и прочие нелинейности, которые можно выразить математическими функциями и их комбинациями (формулами).

К нелинейностям типа I относятся: зона нечувствительности, ограничение, реле, реле с зоной нечувствительности, сухое трение, люфт и т.д. К нелинейностям типа II относятся, например, расходная характеристика клапана, экстремальная статическая характеристика некоторого объекта и т.д.

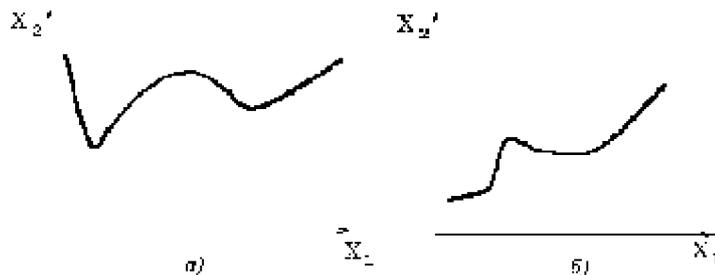


Рисунок 1 – Графики зависимостей нелинейности теоретического (а) и экспериментального (б) происхождения

Нелинейной зависимостью типа III является зависимость константы скорости химической реакции от температуры:

$$K(T) = K_0 \cdot \exp\left(\frac{-E}{RT}\right).$$

Для реализации нелинейных зависимостей типа I, II, III в пакете *Simulink* имеется набор нелинейных блоков. Нелинейные дифференциальные уравнения очень разнообразны и нельзя давать какие-либо общие рекомендации по их решению с помощью пакета *Simulink*. Каждая задача требует своего собственного подхода как с точки зрения минимума затраченных на ее решение линейных и нелинейных элементов, так и с точки зрения минимизации погрешности.

Обычно подразумевается, что решаемые в среде *Simulink* дифференциальные уравнения имеют устойчивые решения, т.е. при неограниченном возрастании независимой переменной $t \rightarrow \infty$ решение ограничено $|y| < M$, где M – некоторое положительное число.

ФОРМАЛИЗОВАННОЕ ОПИСАНИЕ НЕФТЕТРУБОПРОВОДА. УПРОЩАЮЩИЕ ДОПУЩЕНИЯ

Пусть по трубопроводу (рис. 2) проходит газообразная или жидкая реакционная смесь. Для упрощения задачи примем следующие допущения:

1. Трубопровод работает в режиме идеального вытеснения, т.е. отсутствуют продольные диффузионные и/или турбулентные потоки тепла и вещества.

2. Теплообмен с окружающей средой происходит через тонкую стенку, теплоемкость которой мала, то есть ее можно не учитывать; также не будем учитывать тепло, идущее на нагрев кожуха аппарата (для трубопроводов, работающих под давлением, эту статью расхода тепла в тепловом балансе учитывать необходимо вследствие значительной толщины стенок и/или корпуса).

3. Теплофизические свойства: теплоемкость, плотность и т.д. реакционной смеси постоянны в исследуемом диапазоне температур и концентраций.

4. Реакция идет без изменения объема, а скорость движения реакционной смеси по длине трубопровода постоянна.

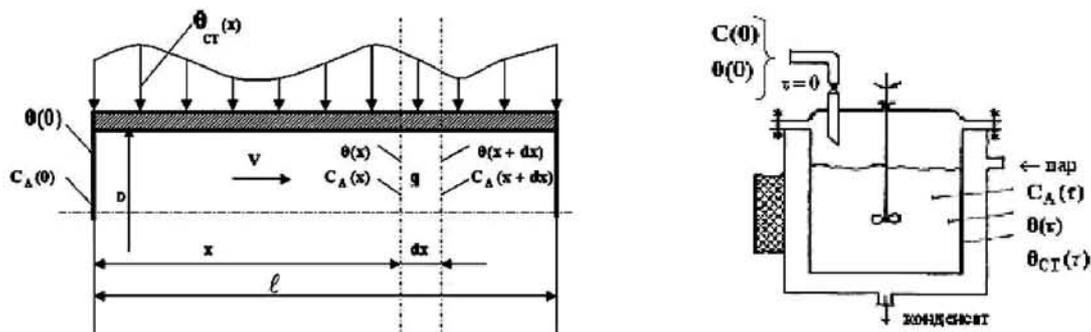


Рисунок 2 – Модель трубопровода

Рассмотрим поведение систем на основе элементарных динамических звеньев через применение пропорционально-интегрального (ПИ) регулятора. Структурная схема модели объекта с одним инерционным звеном 1-го порядка с классическим и нечетким ПИ-регулятором, выполненная в программном комплексе *MatLab/Simulink*, представлена на рисунке 3.

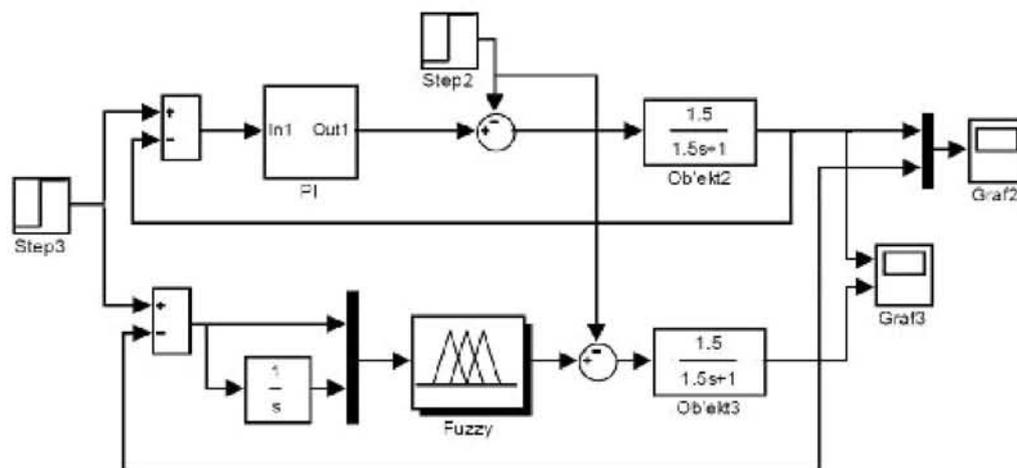


Рисунок 3 – Структурная схема объекта, представленного инерционным звеном 1-го порядка с ПИ-регулятором и с ПИ-подобным fuzzy-регулятором

Нечеткая система выполнена по типу Мамдани с двумя входами: для пропорциональной $X1$ и интегральной $X2$ составляющих. Для лингвистического описания каждой входной переменной выбраны семь треугольных термов (NB , NM , NS , ZE , PS , PM , PB) и симметричные диапазоны изменения.

Лингвистические правила для ПИ-подобного fuzzy-регулятора приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Лингвистические правила

$X1 \backslash X2$	N	Z	P
N	NB	NM	ZE
Z	NM	ZE	PM
P	ZE	PM	PB

Правила формируются по типу *ЕСЛИ ... И ..., ТО...*. Переходные процессы при ступенчатом изменении задания на входе и реакции на возмущающее воздействие на объект представлены на рисунке 4.

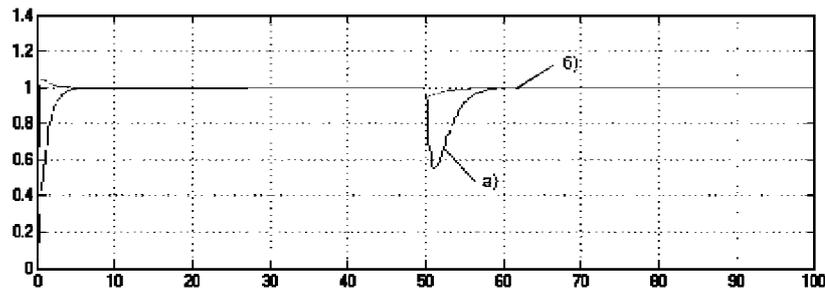


Рисунок 4 – Переходный процесс для системы с инерционным звеном 1-го порядка: а – с ПИ-регулятором; б – с ПИ-подобным fuzzy-регулятором

Исследуем применение пропорционально-интегрально-дифференциального (ПИД) регулятора. Структурная схема модели объекта с одним инерционным звеном 1-го порядка с ПИД-подобным fuzzy-регулятором представлена на рисунке 5. Здесь в структурную схему модели добавлена дифференциальная составляющая сигнала рассогласования.

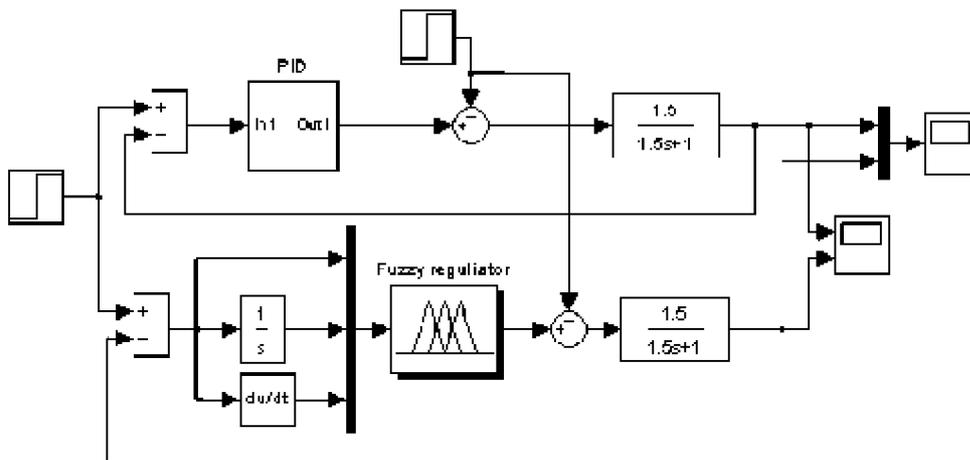


Рисунок 5 – Структурная схема объекта, представленного одним инерционным звеном 1-го порядка с ПИД-регулятором и ПИД-подобным fuzzy-регулятором

Список логико-лингвистических правил дополнен следующими тремя правилами:

- 1) IF ($x3=N$) THEN ($y=N$);
- 2) IF ($x3=ZE$) THEN ($y=ZE$);
- 3) IF ($x3=P$) THEN ($y=P$).

Действительно, если скорость изменения ошибки положительна, то выходной сигнал регулятора должен увеличиться, чтобы предупредить увеличение сигнала рассогласования, и наоборот. Более точная настройка диапазона изменения Д-оставляющей осуществляется методом подбора значений.

Переходные процессы для модели с аналоговым ПИД-регулятором и ПИД-подобным fuzzy-регулятором представлены на рисунке 6.

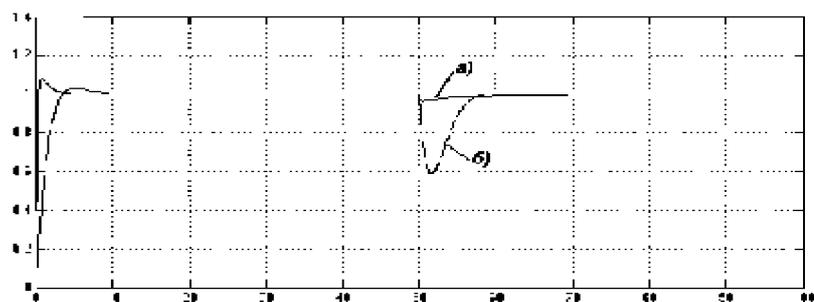


Рисунок 6 – Переходный процесс для системы, представленной одним инерционным звеном 1-го порядка: а – с ПИД-регулятором; б – с ПИД-подобным fuzzy-регулятором

Наличие Д-составляющей уменьшило динамическую ошибку системы, однако время регулирования в случае использования ПИД-подобного fuzzy-регулятора увеличилось.

Предположим теперь, что объект регулирования содержит два инерционных звена первого порядка с одинаковыми постоянными времени. Исследуем применение ПИ-регулятора. Лингвистические правила в этом случае приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Лингвистические правила

$X1 \backslash X2$	N	Z	P
N	NB	PM	NB
Z	NM	ZE	PM
P	ZE	PM	PB

Переходные процессы для модели с аналоговым регулятором и модели с fuzzy-регулятором при ступенчатом изменении задания на входе и отработке единичного возмущающего воздействия на объект представлены на рисунке 7.

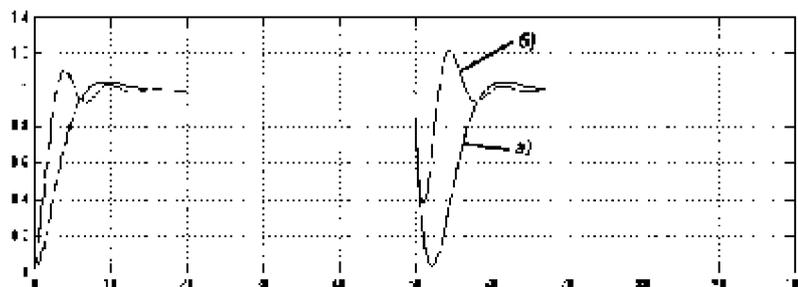


Рисунок 7 – Переходный процесс для системы, представленной двумя инерционными звеньями 1-го порядка: а – с ПИ-регулятором; б – с ПИ-подобным fuzzy-регулятором

В случае применения ПИД-подобного fuzzy-регулятора для объекта с двумя инерционными звеньями 1-го порядка получим графики переходных процессов, представленные на рисунке 8.

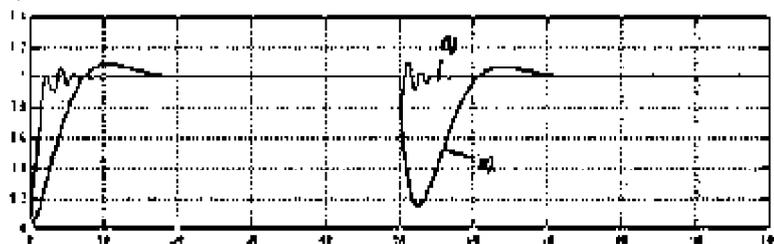


Рисунок 8 – Переходный процесс для системы, представленной двумя инерционными звеньями 1-го порядка: а – с ПИД-регулятором; б – с ПИД-подобным fuzzy-регулятором

Очевидно, что время регулирования и число колебаний больше для системы с fuzzy-регулятором, однако динамическая ошибка значительно уменьшилась.

Предположим, что объект регулирования содержит не только инерционное звено первого порядка, но и интегрирующее звено. Оптимизацию контура регулирования с объектом, содержащим интегрирующее звено, осуществим по симметричному оптимуму.

Создадим нечеткую систему, реализующую типовой аналоговый ПИ-регулятор. Лингвистические правила для такого ПИ-подобного fuzzy-регулятора приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Лингвистические правила

$X1 \backslash X2$	N	Z	P
N	NB	PM	NB
Z	NM	ZE	PM
P	ZE	PM	PB

Переходные процессы для модели с аналоговым ПИ-регулятором и модели с ПИ-подобным fuzzy

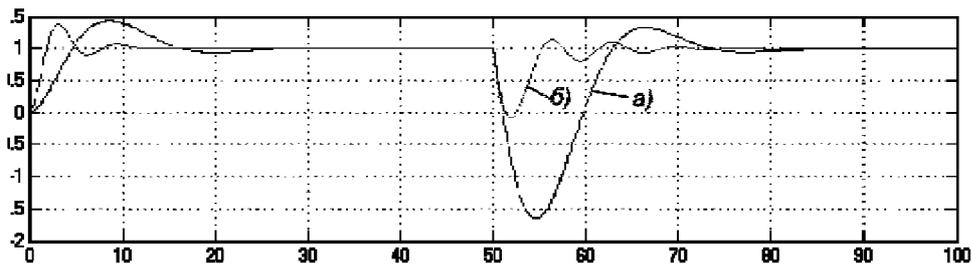


Рисунок 9 – Переходный процесс для системы, представленной одним инерционным звеном 1-го порядка и интегрирующим звеном: а – с ПИ-регулятором; б – с ПИ-подобным fuzzy-регулятором

Очевидно, что колебательность несколько выше в системе с fuzzy-регулятором, однако динамическая ошибка значительно меньше. Результаты реализации ПИД-подобного fuzzy-регулятора представлены на рисунке 10.

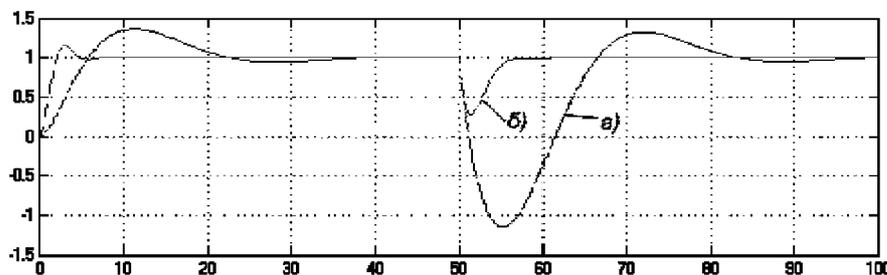


Рисунок 10 – Переходный процесс для системы, представленной одним инерционным звеном 1-го порядка и интегрирующим звеном: а – с ПИД-регулятором; б – с ПИД-подобным fuzzy-регулятором

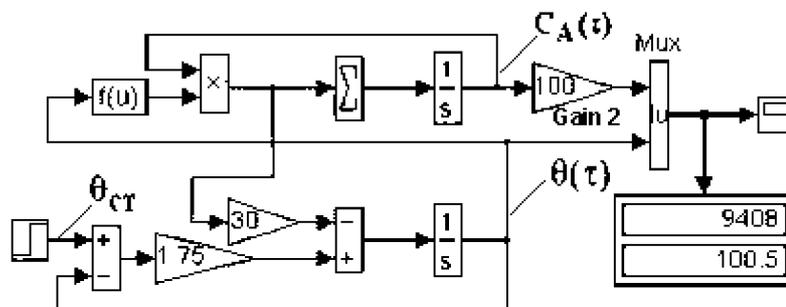


Рисунок 11 – Структурная схема нефтепровода в среде Simulink

В качестве примера реализации нечеткого регулятора приводим использование fuzzy-регулятора в системах управления нефтепровода мини-НПЗ. Структурная схема для моделирования в среде Simulink такого нефтепровода приведена на рисунке 11.

Вспомогательный усилитель *Gain2* поставлен в блок-схему модели, чтобы масштабировать величину концентрации $C_A(\tau)$ с целью удобства наблюдения на осциллографе. Это вызвано тем, что ось ординат имеет только одну единственную шкалу, установленную в свойствах осциллографа *Scop*. «Многолучевой» осциллограф может показывать (через *Mux*) сразу несколько процессов. Таким образом, необходимо все рассматриваемые на экране осциллографа процессы «растянуть» или «сжать» по вертикали (возможно, с предварительным добавлением/вычитанием постоянной составляющей) и привести к одному масштабу, например, к диапазону 0-100 модельных единиц.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований применения нечетких регуляторов при управлении объектами с различными динамическими свойствами получены рекомендации по формированию базы нечетких правил в зависимости от конфигурации систем с ПИ- и ПИД-подобными регуляторами для обеспечения характеристик, не уступающих характеристикам классических регуляторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Куленко М.С., Буренин С.В. Исследование применения нечетких регуляторов в системах управления технологическими процессами. – «Вестник ИГЭУ». – Вып. 2. – 2010. – С. 72-76.
2. Дьяконов В., Круглов В. Математические пакеты расширения MATLAB. Специальный справочник. – СПб.: Питер, 2001.
3. Черных И.В. Simulink: среда инженерных приложений. – М.: Диалог-МИФИ, 2004.

Лобанова Валентина Андреевна

ФГБОУ ВПО «Госунiversитет – УНПК», г. Орел

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

Тел.: 8 (4862) 45-57-57

E-mail: lvanata@yandex.ru

Воронина Оксана Александровна

ФГБОУ ВПО «Госунiversитет – УНПК», г. Орел

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Электроника, вычислительная техника и информационная безопасность»

Тел.: 8 (4862) 45-57-57

E-mail: Voronina_o_a@mail.ru

V.A. LOBANOVA (*Candidate of Engineering science, Professor of department «Electronics, computer facilities and information security»*)

O.A. VORONINA (*Candidate of Engineering science, Associate Professor of department «Electronics, computer facilities and information security»*)

State University – ESPC, Orel

ELECTRONIC REGULATORS IN TECHNOLOGICAL PROCESSES CONTROL SYSTEMS

The author considers questions of using the controllers based on fuzzy logic in automatic control systems of different configurations. The author presents the research results of fuzzy controllers systems.

Keywords: *fuzzy logic; terms; fuzzification; proportional and floating controller.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Kulenko M.S., Burenin S.V. Issledovanie primeneniya nechytotkix regulyatorov v sistemax upravleniya tehnologicheskimi processami. – «Vestnik IGE'U». – Vy'p. 2. – 2010. – S. 72-76.
2. D'yakonov V., Kruglov V. Matematicheskie pakety' rasshireniya MATLAB. Special'ny'j spravochnik. – SPb.: Piter, 2001.
3. Cherny'x I.V. Simulink: sreda inzhenerny'x prilozhenij. – M.: Dialog-MIFI, 2004.

УДК 681.58: 697.3

М.Н. МАЯКОВ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ ЗДАНИЯ С ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ЭЛЕКТРОДНЫМ ВОДОНАГРЕВАТЕЛЕМ (ЭЭВ)

В статье рассматривается принцип управления температурой теплоносителя в здании с помощью электрического электродного водонагревателя, устанавливаемого после пикового теплоисточника, и его экспериментальная проверка.

Ключевые слова: экспериментальные исследования; тепловой режим; электрический электродный водонагреватель; принцип управления.

ВВЕДЕНИЕ

В когенерационных системах централизованного теплоснабжения (КСЦТ) у потребителей тепловой энергии при резком изменении температуры наружного воздуха имеет место отклонение температуры теплоносителя от температурного графика [1]. Это связано с неточным прогнозированием температуры наружного воздуха, транспортным запаздыванием в магистральных и квартальных трубопроводах, несоответствием фактических и нормативных тепловых потерь, невозможностью на когенерационном источнике обеспечить быстрый нагрев большого объема теплоносителя и т.д. [2].

Для решения этой проблемы рядом авторов предлагается подключение пиковых теплоисточников (ПТ) на входе обобщенных потребителей, что позволяет при резких изменениях температуры наружного воздуха обеспечить минимальную погрешность отклонения температуры теплоносителя от температурного графика [3]. Но эта схема теплоснабжения тоже имеет ряд недостатков:

1. ПТ работает на обобщенный потребитель тепловой энергии и усредняет ему его тепловую нагрузку. Здания имеют разные тепловые характеристики, поэтому для каждого здания нужна дополнительная корректировка.
2. Не учитывается нагрузка горячего водоснабжения (ГВС).
3. Имеет место транспортное запаздывание.
4. Поддержание температурного режима у потребителя в соответствии с температурным графиком происходит без контроля температуры теплоносителя в обратном трубопроводе ПТ.

ПРИНЦИП УПРАВЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРОЙ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ, СХЕМА СТЕНДА И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

Автором предложен принцип управления температурой теплоносителя, поступающего в здание, заключающийся в том, что температуру теплоносителя измеряют на входе и выходе здания, вычисляют их отношение, которое сравнивают с заданным отношением, предварительно установленным для каждого здания, и в зависимости от полученной разности изменяют значение тока в электроде ЭЭВ, встроенного в комбинированную систему (КСТ) городского теплоснабжения.

Целью исследования является установление возможности работы ЭЭВ, встроенного в комбинированную систему городского теплоснабжения, в условиях конкретного потребителя.

На рисунке 1 представлена схема стенда для исследования теплового режима системы отопления здания с ЭЭВ.

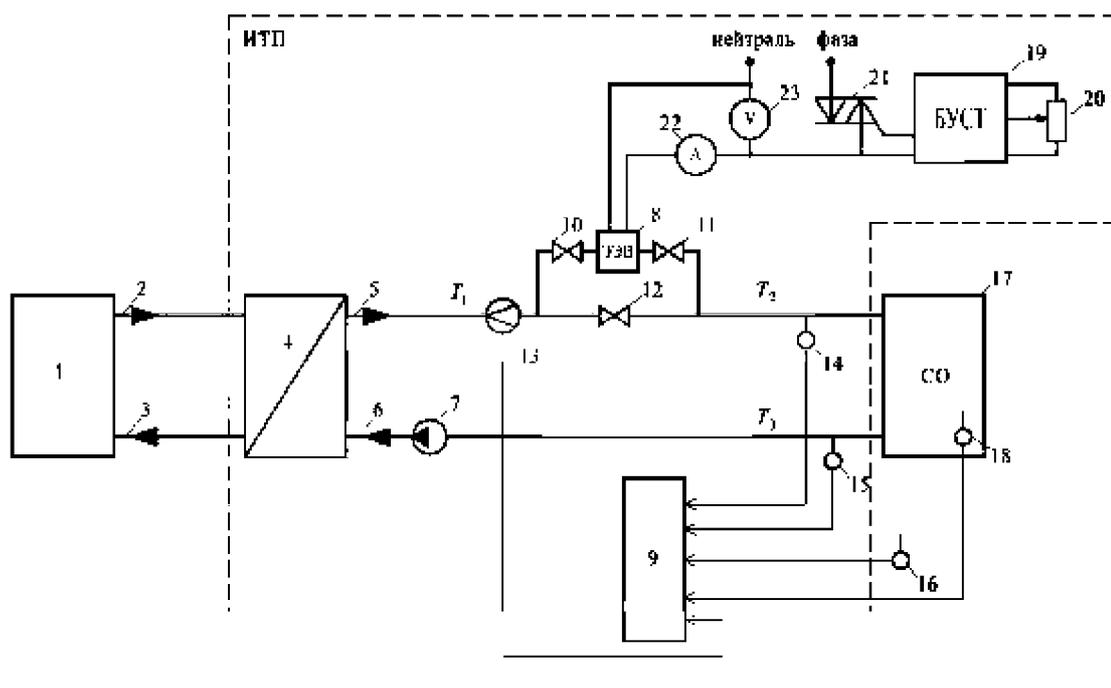


Рисунок 1 – Схема стенда для исследования теплового режима системы отопления здания с ЭЭВ:

1 – тиковый теплоисточник; 2, 3 – внутриквартирные трубопроводы; 4 – теплообменник ИТП; 5, 6 – внутридомовые трубопроводы; 7 – циркуляционный насос; 8 – ЭЭВ; 9 – тепловычислитель; 10, 11, 12 – шаровый кран (3 шт.); 13 – счетчик расхода теплоносителя (G); 14 – датчик температуры теплоносителя в подающем трубопроводе системы отопления здания после ЭЭВ (T_2); 15 – датчик температуры теплоносителя в обратном трубопроводе системы отопления здания (T_3); 16 – датчик температуры наружного воздуха ($T_{нар}$); 17 – система отопления здания; 18 – датчик температуры воздуха внутри здания ($T_{зд}$); 19 – блок управления тиристорами и симисторами (БУСТ); 20 – внешний переменный резистор; 21 – симистор; 22 – амперметр; 23 – вольтметр

Электрический электродный водонагреватель – это агрегат прямого действия, т.е. без посредников. Нагрев воды происходит за счет протекания электрического тока через теплоноситель. Процесс нагрева происходит вследствие хаотичного движения ионов теплоносителя от анода к катоду с частотой 50 Гц (50 колебаний за одну секунду), что и вызывает быстрое повышение температуры теплоносителя. Соответственно, эффективность нагрева зависит от свойств теплоносителя. А свойства теплоносителя, в свою очередь, зависят от количества примесей в ней.

За счет простоты конструкции и принципа нагрева тепловые потери в ЭЭВ сведены к минимуму, благодаря чему КПД электродных котлов близки к 100% (98%).

Так как теплоноситель является элементом электрической цепи, то в электродных котлах отсутствует проблема «сухого хода»; другими словами, если из системы отопления по какой-либо причине вытекает теплоноситель, то электродный котел просто перестает работать из-за размыкания цепи, тем самым предотвращая аварийную ситуацию. Технические характеристики ЭЭВ (Очаг-6), используемого в эксперименте, представлены в таблице 1 [4].

Исследования проводились в отопительный период 2011 года на территории завода ОАО «Орелрастмасло» в реальном масштабе времени в здании котельной.

Ограничения при проведении эксперимента:

1. Здание рассматривается в статическом режиме (объем 500 м^3).
2. Удельная проводимость теплоносителя через ЭЭВ – 212 мкСм/см .
3. Расход теплоносителя в системе отопления постоянен: $G=1,73 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Таблица 1 – Технические характеристики ЭЭВ Очаг-6

№	Характеристика котла	Значение
1	Номинальная потребляемая мощность, кВт	6
2	Номинальное переменное напряжение, В	220
3	Сечение токопроводящей медной жилы провода	6
4	Диаметр (Ду) муфты для подсоединения котла к	25
5	Объем котла, см ³	164

В соответствии с приведенной схемой (рис. 1) с помощью поверенных приборов учета тепловой энергии и теплоносителя проведены экспериментальные исследования. В момент проведения эксперимента кран 12 находится в закрытом состоянии, а краны 10 и 11 открыты. Таким образом, весь объем теплоносителя проходит через ЭЭВ. Эксперименты проводились в следующей последовательности. С помощью переменного резистора 20 оператором изменялось значение тока через электрод ЭЭВ, что фиксировалось амперметром 22. При каждом установленном значении тока фиксировались значения температуры теплоносителя на входе (T_2) и выходе (T_3) здания, температура наружного воздуха ($T_{нар}$) и температура воздуха в здании ($T_{зд}$), а также расход теплоносителя через ЭЭВ (G) тепловычислителем RUBIKON Z2 Total: № 98031322.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Отдельные результаты измерений приведены в таблице 2, а зависимость отношения температур теплоносителя (T_2/T_3) от тока (I) в электроде ЭЭВ при фиксированном расходе теплоносителя показаны на рисунке 2.

Таблица 2 – Результаты экспериментальных исследований

T_2 , °C	T_3 , °C	T_2/T_3	$T_{нар}$, °C	$T_{зд}$, °C	I , А	Время, ч	G , м ³ /ч	Дата
График 1								
84	66,81	1,257297	-11,61	20,8	0	15:00	1,73	19.02.2011
83,72	66,61	1,256868	-9,74	21,1	0,1	15:10		
83,91	66,5	1,261805	-9,02	20,7	0,15	15:20		
83,46	66,24	1,259964	-9,57	20,5	0,21	15:30		
83,96	66,14	1,269428	-10,64	20,9	0,29	15:40		
84,19	66,35	1,268877	-11,31	21,2	0,33	15:50		
84,55	66,91	1,263638	-9,86	20,8	0,4	16:00		
86,83	66,94	1,297132	-12,16	20,6	0,475	16:10		
87,78	68,1	1,288987	-11,7	20,9	0,55	16:20		
89,4	68,9	1,297533	-9,35	21,2	0,62	16:30		
91,16	71,22	1,279978	-8,72	21,0	0,69	16:40		
График 2								
76,66	59,33	1,292095	-16,13	21,1	0	12:00	1,73	15.02.2011
76,99	59,23	1,299848	-15,97	20,8	0,15	12:10		
77,14	59,23	1,302381	-16,07	20,6	0,23	12:20		
77,75	59,44	1,308042	-15,34	20,5	0,3	12:30		
78,2	59,67	1,310541	-15,33	20,9	0,37	12:40		
78,7	59,96	1,312542	-15,33	21,2	0,44	12:50		
79,5	60,26	1,319283	-15,38	21,0	0,49	13:00		
80,62	60,8	1,325987	-15,22	20,8	0,55	13:10		
81,85	61,43	1,332411	-15,1	20,7	0,59	13:20		
83,25	62,09	1,340796	-14,81	20,5	0,6	13:30		
83,33	63,08	1,321021	-14,95	20,9	0,59	13:40		

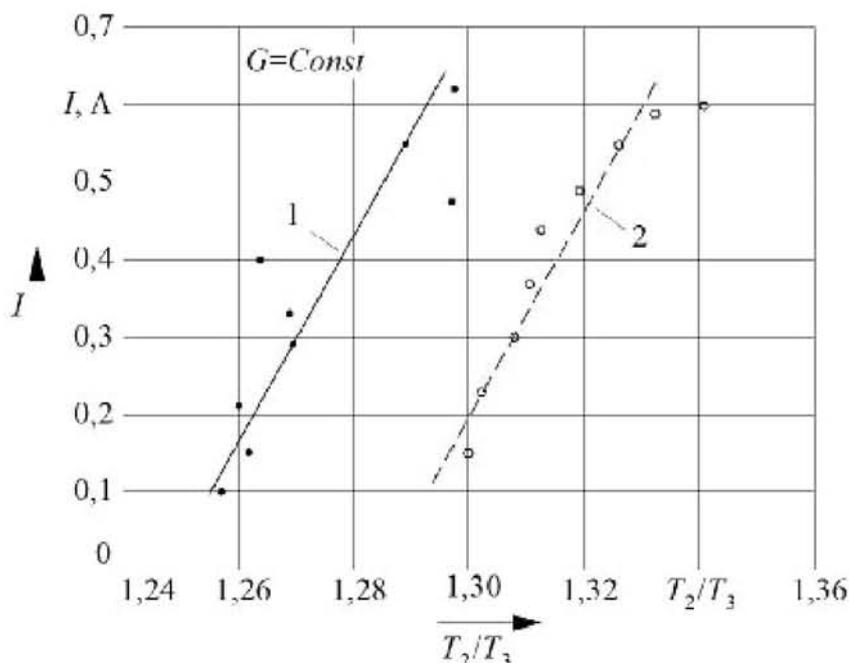


Рисунок 2 – Зависимости отношения температур теплоносителя (T_2/T_3) от тока (I) в электроде ЭЭВ при фиксированном расходе теплоносителя

Из рисунка 2 видно, что при увеличении (T_2/T_3) растет потребление тока в электроде ЭЭВ при фиксированном расходе. Зависимость $I=f(T_2/T_3)$ при $G=Const$ является линейной функцией. При этом среднеквадратичное отклонение тока в течение двух суток составило 0,2, а среднеквадратичное отклонение отношения температур (T_2/T_3) в течение двух суток – 0,025.

ВЫВОД

Управление температурой теплоносителя в здании, то есть температурой воздуха внутри здания, возможно с использованием встроенного ЭЭВ путем изменения величины тока в зависимости от отношения измеренных температур теплоносителя на входе и выходе здания с учетом заданной температуры воздуха внутри здания и температуры наружного воздуха, но для этого необходимы экспериментальные зависимости $I=f(T_2/T_3)$ для соответствующего здания и контроллер управления с алгоритмами управления, включающими эти зависимости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: учебник для ВУЗов. – 7-е изд., стереот. – М.: Издательство МЭИ, 2001. – 472 с.
2. Чистович А.С. Как можно поднять коммунальную энергетику // Теплоэнергоэффективные технологии, 2002. – № 2. – С. 14-24.
3. Петров С.П. Автоматизация когенерационных систем теплоснабжения с распределенными пиковыми нагрузками: монография / под общ. ред. проф. А.И. Суздальцева. – М.: Машиностроение-1, 2007. – 304 с.
4. Руководство по применению и эксплуатации электродных котлов в отопительных системах. – ЗАО «Фирма «ГАЛАН». – 41 с.

Маяков Михаил Николаевич

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», г. Орел

Аспирант

Тел.: 8 920 281 83 45

E-mail: bamper.w@mail.ru

M.N. MAYAKOV (*Post-graduate student*)
State University – ESPC, Orel

EXPERIMENTAL RESEARCHES OF HEATING SYSTEM HEAT REGIME OF THE BUILDING WITH ELECTRIC ELECTRODE WATERHEATER (EEW)

The principle of heatcarrier temperature control in the building with the help of electric electrode waterheater installed after peak heatsource and its experimental check is described in the article.

Keywords: *experimental researches; heat regime; electric electrode waterheater; the principle of control.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Sokolov E.Ya. Teplofikaciya i teplovy'e seti: uchebnyy dlya VUZov. – 7-e izd., stereot. – M.: Izdatel'stvo ME'I, 2001. – 472 s.
2. Chistovich A.S. kak možno podnyat' kommunal'nyuyu e'nergetiku // Teploe'nergoe'ffektivny'e tekhnologii, 2002. – № 2. – S. 14-24.
3. Petrov S.P. Avtomatizaciya kogeneracionny'x sistem teplosnabzheniya s raspredel'ny'mi pikovy'mi nagruzkami: monografiya / pod obshh. red. prof. A.I. Suzdal'ceva. – M.: Mashinostroenie-1, 2007. – 304 s.
4. Rukovodstvo po primeneniyu i e'kspluatacii kotlov v otopitel'ny'x sistemax. – ZAO «Firma «GALAN». – 41 s.

УДК 004.738.5.057.4

С.И. АФОНИН, В.Т. ЕРЕМЕНКО, А.И. ОФИЦЕРОВ, Л.В. КУЗЬМИНА,
Д.А. ПЛАЩЕНКОВ

**МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТОКОВ
В СЕТИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯ
НА ОСНОВЕ РЕЗЕРВИРОВАНИЯ РЕСУРСОВ**

В статье анализируются методы управления информационными потоками в сетях передачи данных предприятий. При агрегации информационных потоков резервирование ресурсов позволяет повысить качество обслуживания и обеспечить максимальную загрузку всех элементов сети.

Ключевые слова: сеть передачи данных; резервирование ресурсов; протокол маршрутизации; метод управления; агрегация потоков; рациональный маршрут; загрузка.

ВВЕДЕНИЕ

Для эффективного управления производством необходимо получать информацию о выходе готовой продукции, состоянии оборудования или параметрах производственных процессов. Доставка данных для обработки и анализа на уровень АСУ предприятия должна осуществляться в реальном (или близком к реальному) масштабе времени. В настоящее время надежность сетей передачи данных (СПД) обеспечивается резервированием линий и введением избыточных компонентов. В связи с этим представляется актуальной разработка методов управления информационными потоками, обеспечивающих высокую надежность при передаче пакетов данных.

В процессе планирования работы сети передачи данных предприятия необходимо найти разумный компромисс в достижении двух противоположных целей. С одной стороны, необходимо стремиться к улучшению качества обслуживания передаваемых через сеть данных, т.е. стараться снизить задержки в продвижении пакетов, уменьшить потери пакетов и увеличить интенсивности потоков данных за счет резервирования ресурсов. С другой стороны, необходимо стараться максимально увеличить загрузку всех ресурсов сети с целью повышения экономических показателей бизнеса, основанного на эксплуатации этих ресурсов. Компромисс в достижении вышеупомянутых целей необходимо искать на пути использования средств и механизмов борьбы с перегрузками в сети, а именно:

- осуществлять рациональную настройку параметров сетевого оборудования с целью недопущения бесконтрольного увеличения интенсивности входных потоков;
- реализовывать алгоритмы управления очередями, оптимизированные к условиям работы сетевого оборудования и к условиям сервисного соглашения относительно уровней предоставления услуг (SLA);
- оптимизировать пути прохождения информации через сеть, пытаться максимизировать загрузку дорогостоящих элементов сети при соблюдении заданных требований к качеству обслуживания циркулирующих в ней потоков данных.

НЕДОСТАТКИ ТРАДИЦИОННЫХ ПРОТОКОЛОВ МАРШРУТИЗАЦИИ

От маршрутов прохождения информационных потоков зависят уровни загрузок маршрутизирующих устройств и каналов, что оказывает непосредственное влияние на эффективность использования сети [1].

Известно, что большинство протоколов маршрутизации, в том числе, дистанционно-векторные (такие, как *RIP*) или по состоянию связей (например, *OSPF* или *IS-IS*), выбирают кратчайший маршрут согласно заданной метрике измерений длины маршрутов. Спецификации этих протоколов предопределяют в простых случаях при выборе маршрута

учёт лишь одного параметра – количества промежуточных маршрутизирующих устройств, которые располагаются на пути транспортировки пакетов по данному маршруту. В других случаях с целью более рационального выбора маршрута учитываются номинальные пропускные способности каналов связи, составляющих маршрут, а также уровни задержек пакетов, которые этими каналами вносятся. Однако в любом таком случае выбирается какой-то один маршрут, если не выявлен другой, абсолютно равнозначный первому с точки зрения используемых критериев выбора маршрутов.

На практике абсолютно равнозначных маршрутов почти не бывает, но довольно часто возникает ситуация, когда для выбранного маршрута существуют альтернативные пути с подходящими для данных конкретных условий характеристиками. К сожалению, традиционные протоколы маршрутизации на такую альтернативу не реагируют [2]. Еще один недостаток традиционных методов маршрутизации – пути выбираются без учета степени текущей загрузки ресурсов сети. В этом случае, даже если кратчайший путь уже перегружен, пакеты все равно посылаются по этому пути.

Чтобы избавиться от рассмотренных выше недостатков и обеспечить возможность более эффективного использования сетевых ресурсов, в эксплуатационной практике для сетей передачи данных предприятий применяется управление информационными потоками на основе резервирования ресурсов.

ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫМИ ПОТОКАМИ

Управление информационными потоками на основе резервирования ресурсов – это процесс выбора рациональных путей прохождения данных через сеть, где рациональность понимается как достижение сбалансированной загрузки всех ресурсов сети в условиях соблюдения всех требований к качеству обслуживания [3].

Существуют специализированные методы и механизмы осуществления управления потоками данных, которые направлены именно на обеспечение сбалансированности загрузки ресурсов при заданных требованиях к качеству обслуживания [4-6].

Процедуру управления информационными потоками начинают с анализа характеристик:

1) характеристика транспортной сети – её топологии, а также производительности маршрутизирующего оборудования, размещённого в узлах сети, и каналов связи, по которым передаются данные между узлами;

2) характеристика предложенной нагрузки на элементы оборудования сети, в частности, анализа данных о величинах скорости информационных потоков между каждой парой маршрутизирующих устройств абонентского доступа, расположенных на границах рассматриваемой сети.

Основной задачей управления информационными потоками на основе резервирования ресурсов является определение таких путей прохождения рассматриваемых потоков через сеть передачи данных предприятий, при которых загруженность всех ресурсов сети с заданными характеристиками является максимально сбалансированной. Решение данной задачи заключается в определении для каждого рассматриваемого потока последовательной цепочки промежуточных маршрутизаторов, которые необходимо расположить на пути между входной и выходной точками этого потока. При этом маршруты потоков следует выбирать такими, чтобы загрузка элементов сети была максимально равномерной [7].

Формализацию условий сбалансированности ресурсов на практике осуществляют разными способами. Например, если в качестве цели выбирают минимизацию неравномерности в загрузке сетевых ресурсов в условиях известной структуры трафика сети, то целесообразно минимизировать на множестве всех учитываемых ресурсов сети значение коэффициента загрузки того ресурса, для которого этот коэффициент имеет максимальное значение. Целевая функция оптимизации маршрутов имеет вид:

$$\min(\max K_t),$$

где K_t – коэффициент использования t -го ресурса.

Другим вариантом постановки задачи управления информационными потоками на основе резервирования ресурсов является поиск такого набора маршрутов, при котором значения коэффициентов загрузки всех элементов сети не превысят заданный порог K . Такой подход, как легко понять, проще в реализации в сравнении с предыдущим, поскольку нуждается в переборе меньшего количества вариантов [8].

ПРОБЛЕМЫ АГРЕГАЦИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТОКОВ

Одним из основных методов, используемых при управлении информационными потоками на основе резервирования ресурсов, является агрегация потоков, т.е. объединение потоков отдельных пользователей в один общий поток, который имеет общие входную и выходную точки в каких-либо узлах сети.

В условиях, когда по каким-либо причинам приходится маршрутизировать отдельно каждый порождаемый прикладными системами пользователей поток данных, промежуточные маршрутизирующие устройства должны сохранять слишком большие объемы информации, поскольку в большинстве случаев индивидуальных потоков достаточно много. Ситуацию усугубляет то, что в целях маршрутизации приходится запоминать адреса всех конечных узлов и программных портов для всех приложений, что ещё больше усложняет задачу. Поэтому агрегация потоков позволяет упростить задачу выбора маршрутов. Необходимо иметь в виду, что агрегация потоков возможна лишь тогда, когда все составляющие потоки предъявляют единые требования к качеству обслуживания. На практике чаще всего приходится рассматривать несколько потоков, среди которых часть или даже все являются агрегированными.

Процесс управления информационными потоками на основе резервирования ресурсов нередко предполагает необходимость описания характеристик потоков для определения маршрутов с разной степенью детализации. Понятно, что чем выше степень детализации описания, тем точнее результаты оптимизации маршрутов.

Например, с целью более тонкой оптимизации параметров сети желательно учитывать величины возможных пульсаций трафика или, что особенно важно, требования к качеству обслуживания. Однако при этих условиях задача управления усложняется настолько, что не всегда удаётся ее решить даже приближенными методами. Поэтому во многих случаях удовлетворяются субоптимальными решениями, когда в процессе определения путей прохождения потоков через сеть учитываются только вероятные значения их средних интенсивностей при условии загрузки каждого ресурса не выше определенного порогового значения. Кроме того, с целью упрощения все потоки пакетов предъявляют одинаковые требования к качеству обслуживания.

АНАЛИЗ СУБОПТИМАЛЬНЫХ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫМИ ПОТОКАМИ

При решении задач управления информационными потоками в сетях передачи данных предприятий на основе резервирования ресурсов используются два субоптимальных метода:

- предварительный поиск рациональных маршрутов в фоновом режиме;
- автоматизированный поиск рациональных маршрутов в оперативном режиме с использованием расширений протоколов маршрутизации, функционирующих на основе алгоритма состояния связей.

В случае предварительного поиска рациональных маршрутов в фоновом режиме необходимо знать следующие исходные данные: топология и производительность сети, входная и выходная точки каждого информационного потока, средняя интенсивность каждого потока. Необходимо задать также допустимый уровень максимального значения коэффициента загрузки элементов сети, превышение которого не допускается.

Исходя из названных выше данных, реализуется процедура направленного перебора вариантов, например, с помощью специально созданной для этой цели компьютерной программы.

В результате перебора по вышеуказанному критерию можно довольно точно определить маршрут для каждого потока с указанием местоположения всех промежуточных маршрутизаторов в сети.

На рисунке 1 показано одно из возможных решений поставленной задачи, в рамках которого гарантируется, что максимальный коэффициент загрузки каждого сетевого ресурса не превысит 0,6.

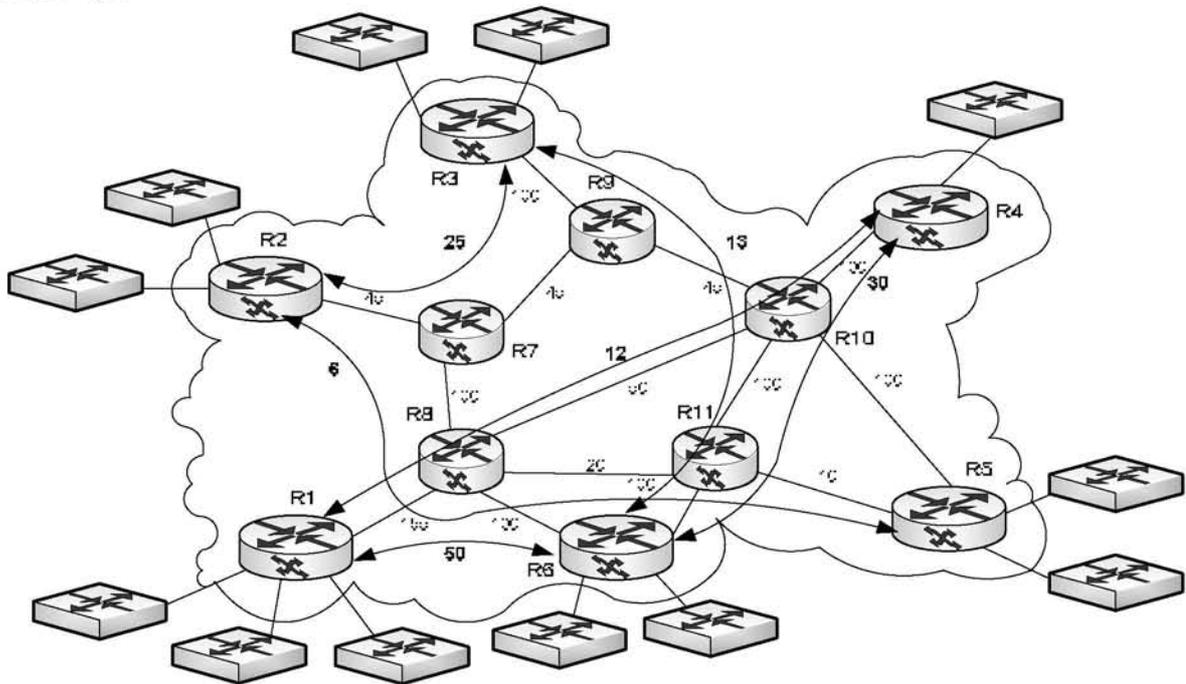


Рисунок 1 – Пример распределения нагрузки на элементы сети, при котором коэффициент загрузки каждого элемента не превышает 0,6

При автоматизированном поиске рациональных маршрутов в оперативном режиме используются расширения протоколов маршрутизации, которые работают на основе алгоритма состояния связей. В настоящее время такие расширения стандартизированы для протоколов *OSPF* и *IS-IS*.

В протоколы *OSPF* и *IS-IS* включены новые типы расширений с помощью которых по каналам сети распространяется дополнительная информация о номинальных и незарезервированных значениях пропускной способности каждой связи в сети. Ребра результирующего графа сети, который в этом случае должен быть создан в топологической базе каждого из маршрутизаторов, идентифицируются дополнительными параметрами. Получая информацию о параметрах потоков, для которых нужно найти рациональные маршруты, маршрутизатор в оперативном режиме строит результирующий граф сети, обеспечивая возможность определения субоптимального решения, удовлетворяющего сформулированным выше ограничениям на коэффициент загрузки элементов оборудования сети. В результате обеспечивается сбалансированность загрузки сети в целом.

Для решения оптимизационной задачи выбор маршрутов в рамках определенного набора информационных потоков может осуществляться поочередно в течение нескольких этапов – сначала в рамках какой-то одной группы каналов из данного набора, потом другой группы из этого же набора и т.д. При этом в качестве ограничения может выступать пороговое значение суммарной загрузки каждого ресурса сети. Процедура нахождения маршрута с учетом ограничений получила название *Constrained-based Routing*, и реализована в протоколе *OSPF* с соответствующими расширениями – *Constrained SPF* или *CSPF*.

РЕАЛИЗАЦИЯ МЕХАНИЗМОВ ПЕРЕДАЧИ ПАКЕТОВ ПО ВЫБРАННЫМ МАРШРУТАМ

После решения задачи управления информационными потоками на основе резервирования ресурсов и после того, как маршруты оказались определенными необходимо

наличие механизма, который обеспечивал бы продвижение пакетов, относящихся к выбранному маршруту, именно через те промежуточные маршрутизаторы, которые были выбраны.

Реализация такого механизма в СПД на основе стека протоколов *TCP/IP* усложняется тем, что основной режим маршрутизации, широко применяемый в этих сетях, предполагает формирование маршрутов лишь одного вида – «кратчайших» маршрутов. В принципе, в сетях *TCP/IP* существует возможность использования режима маршрутизации от источника (*Source Routing*), в рамках которого хосты – источники пакетов – имеют возможность задавать точную последовательность промежуточных узлов вдоль всего пути прохождения, сгенерированных этим хостом, пакетов. Но режиму маршрутизации от источника присущи существенные ограничения, из-за которых в эксплуатационной практике он не получил широкого распространения [9-10].

Для поддержки в сетях передачи данных предприятий механизмов реализации маршрутов, найденных в результате выполнения процедуры управления информационными потоками на основе резервирования ресурсов, используют протокол сигнализации. В качестве протокола сигнализации в сетях *TCP/IP* используется протокол резервирования ресурсов *RSVP (Resource reSerVation Protocol)*. В протокольных примитивах для определенного потока прописывается точный маршрут, устанавливаемый в виде последовательности *IP*-адресов интерфейсов промежуточных маршрутизаторов, через которые проходит рассматриваемый поток. Маршрутизирующие устройства запоминают установленные маршруты в таблицах коммутации.

Для того, чтобы пакеты продвигались не с помощью таблиц маршрутизации, а с помощью таблиц коммутации, используется специальная технология их продвижения вдоль маршрута – *MPLS (Multiprotocol Label Switching)*. Важным обстоятельством (с позиции управления информационными потоками на основе резервирования ресурсов) является тот факт, что эта технология позволяет передавать пакеты вдоль заранее избранного и установленного в сети пути. При этом специфика управления заключается в том, что такие пути выбираются по критериям, способствующим достижению сбалансированности загрузки ресурсов сети.

Создание ситуации, при которой верхняя граница допустимой загрузки сетевого оборудования реальным трафиком не превышает, способствует тому, что средняя длина и вариация очереди к каждому ресурсу будут находиться в определенных границах. Это означает, что величины задержек пакетов и их потери вследствие возможной нехватки места в буферной памяти с определенной вероятностью не будут превышать допустимых предельных значений. Однако только лишь на основе соблюдения ограничений по коэффициентам загрузок ресурсов в реальных условиях эксплуатации точные значения величин задержек и потерь пакетов определить практически невозможно, хотя этот коэффициент наиболее существенным образом влияет на качественные показатели работы сети. Уточненные оценки значений задержек или процентов потерь пакетов определяются в сетях передачи данных предприятий путем натурных измерений. Результаты таких измерений предлагаются клиентам сети в качестве основы для согласования условий сервисных соглашений об уровне обслуживания на этапе их заключения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При маршрутизации от источника полезность решения задач управления информационными потоками на основе резервирования ресурсов в сетях передачи данных предприятий заключается в том, что информация о найденном рациональном пути может быть использована целиком. При этом непосредственно маршрутизацией занимаются только граничные маршрутизаторы сети, а внутренние лишь присылают к ним необходимую информацию о текущем состоянии сети.

Такой подход обладает несколькими преимуществами в сравнении с распределенной моделью поиска пути, который лежит в основе стандартных протоколов маршрутизации в сетях *TCP/IP*.

Во-первых, он позволяет находить оптимальные маршруты в автономном режиме с использованием внешней системы оптимизации, а затем реализовывать их непосредственно в сети. Во-вторых, каждое из граничных маршрутизирующих устройств получает возможность работы в рамках собственной версии реализованного в нём алгоритма поиска, что упрощает работу в случаях использования оборудования разных производителей. В-третьих, такой подход снижает нагрузку на внутренние маршрутизаторы по поиску рациональных маршрутов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Искусство оптимизации трафика [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.os-p.ru/lan/2001/12/038.htm>.
2. Камер Д., Сети Э. TCP/IP. Принципы, протоколы и структура. 4-е изд.: пер. с англ. – Том 1. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 880 с.
3. ITU-T Recommendation E.600 (03/93) Terms and definitions of traffic engineering (Термины и определения в области инженерии трафика).
4. Конахович Г.Ф., Чуприн В.М. Сети передачи пакетных данных. – К.: МК-Пресс, 2006. – 272 с.
5. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: учебник для ВУЗов. 2-е изд. – СПб.: Питер, 2003. – 864 с.
6. Острелох Х. Маршрутизация в IP-сетях. Принципы, протоколы, настройка: пер. с англ. – СПб.: ООО «ДиаСофт», 2002. – 512 с.
7. Еременко В.Т., Офицеров А.И. Методы управления информационными потоками в сетях передачи данных на основе резервирования ресурсов // Методы и устройства передачи и обработки информации. Межвузовский сборник научных трудов. – Выпуск 11. – М.: «Радиотехника», 2009. – С. 340-346.
8. Еременко В.Т. Способы и приемы предотвращения блокировок процессов информационного обмена в сетях передачи данных предприятия / В.Т. Еременко, А.В. Коськин, С.И. Афонин, А.Н. Савенков, В.Е. Фисенко // Вестник компьютерных и информационных технологий. – № 12. – 2008. – С. 38-43.
9. Еременко В.Т. Исследование поведения транспортных протоколов в корпоративных сетях в условиях интенсивного трафика / В.Т. Еременко, П.А. Сысоев, А.С. Засимов // Известия ОрелГТУ. – № 4-3/272(550). – 2008. – С. 9-12.
10. Еременко В.Т., Сысоев П.А. Моделирование взаимодействия протокольных реализаций TCP RENO и TCP VEGAS в сети с ограниченной производительностью // Информационные системы и технологии. – № 1. – 2010. – С. 109-119.

Афонин Сергей Иванович

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

Еременко Владимир Тарасович

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

Офицеров Александр Иванович

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», г. Орел
Аспирант кафедры «Электроника, вычислительная техника и информационная безопасность»
Тел.: 8 (4862) 49-73-70
E-mail: oficerow@mail.ru

Кузьмина Людмила Васильевна

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», г. Орел

Старший преподаватель кафедры «Высшая математика»

Тел.: 8 (4862) 45-57-57

E-mail: evtib@ostu.ru

Плащенко Дмитрий Алексеевич

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

Аспирант кафедры «Электроника, вычислительная техника и информационная безопасность»

Тел.: 8 (4862) 45-57-57

E-mail: evtib@ostu.ru

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

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

A.I. OFITSEROV (*Post-graduate student of the department «Electronics, computer facilities and information security»*)

L.V. KUZMINA (*The senior teacher of department «Higher mathematics»*)

D.A. PLASCHENKOV (*Post-graduate student of the department «Electronics, computer facilities and information security»*)
State University – ESPC, Orel

METHODS OF THE DECISION OF THE DISTRIBUTION INFORMATION FLOW PROBLEMS IN THE ENTERPRISE DATA NETWORK ON THE STANDBY RESOURCE BASE

In article are analysed methods of management information flow in data networks of enterprises. Aggregation of information flow standby resource allows to raise the quality of service and maximise load of all elements in the network.

Keywords: *data network; standby resource; routing protocol; method of management; aggregation flow; rational route; load.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Olifer V.G., Olifer N.A. *Iskusstvo optimizatsii trafika [Elektronny'j resurs]*. – URL: <http://www.osp.ru/lan/2001/12/038.htm>.
2. Kemer D., Seti E'. *TCP/IP. Principy', protokoly' i struktura*. 4-e izd.: per. s angl. – Tom 1. – M.: Izdatel'skij dom «Vil'yams», 2003. – 880 s.
3. ITU-T Recommendation E.600 (03/93) *Terms and definitions of traffic engineering (Terminy' i opredeleniya v oblasti inzhenerii trafika)*.
4. Konaxovich G.F., Chuprin V.M. *Seti peredachi paketny'x danny'x*. – K.: MK-Press, 2006. – 272 s.
5. Olifer V.G., Olifer N.A. *Komp'yuternye seti. principy', tekhnologii, protokoly'*: uchebnik dlya VUZov. 2-e izd. – SPb.: Piter, 2003. – 864 s.
6. Ostrel' X. *marshrutizatsiya v IP-setyax. Principy', pritikily', nastrojka*: per. s angl. – SPb.: OOO «DiaSoft», 2002. – 512 s.
7. Eryomenko V.T., Oficerov A.I. *Metody' upravleniya informacionny'mi potokami v setyax peredachi danny'x na osnove rezervirovaniya resursov // Metody' i ustrojstva peredachi i obrabotki informacii. Mezhhvuzovskij sbornik nauchny'x trudov. – Vy'pusk 11. – M.: «Radiotekhnika», 2009. S. 340-346.*
8. Eryomenko V.T. *Sposoby' i priyomy' predotvrashheniya blokirovok processov informacionnogo obmena v setyax peredachi danny'x predpriyatiya / V.T. Eryomenko, A.V. Kos'kin, S.I. Afonin, A.N. Savenkov, V.E. Fisenko // Vestnik komp'yuterny'x i informacionny'x tekhnologij. – № 12. – 2008. – S. 38-43.*
9. Eryomenko V.T. *Issledovanie povedeniya transportny'x protokolov v korporativny'x setyax v usloviyax intensivnogo trafika / V.T. Eryomenko, P.A. Sy'soev, A.S. Zasimov // Izvestiya OryolGTU. – № 4-3/272(550). – 2008. – S. 9-12.*
10. Eryomenko V.T., Sy'soev P.A. *Modelirovanie vzaimodejstviya protokol'ny'x realizacij TCP RENO i TCP VEGAS v seti s ogranichennoj proizvoditel'nost'yu // Informacionnye sistemy' i tekhnologii. – № 1. – 2010. – S. 109-119.*

УДК 621.396

С.П. БЕЛОВ, Д.И. УШАКОВ

О ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ СИГНАЛОВ С OFDM¹

В статье предлагается метод повышения помехоустойчивости сигнально-кодовых конструкций с OFDM, основанный на использовании в качестве сигнального базиса при формировании канальных сигналов собственных векторов субполосных матриц со значением собственных чисел, близких к единице. Показано, что его применение позволяет повысить устойчивость к влиянию флуктуационных, узкополосных и импульсных помех в 2 раза по сравнению с OFDM сигналами, построенными на основе базиса Фурье.

Ключевые слова: OFDM; сигнальный базис; субполосная матрица; помехоустойчивость; канальные сигналы; флуктуационная помеха; узкополосная помеха; импульсная помеха; эффективность системы связи.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ И АНАЛИЗ ЛИТЕРАТУРЫ

В связи со значительным увеличением потоков удаленного информационного обмена в настоящее время создаются системы связи, обеспечивающие высокую скорость их передачи с заданным качеством обслуживания, среди которых бесспорным лидером являются системы, использующие Orthogonal frequency division multiplexing (OFDM) [1-3]. Данный метод формирования канальных сигналов обладает высокой спектральной эффективностью, однако на канальном уровне остаётся достаточно уязвимым к определенным видам помех [4]. Указанный недостаток компенсируется за счет использования сложных алгоритмов помехоустойчивого кодирования, и перемежения символов, но данный подход существенно увеличивает время формирования и обработки сигнала в аппаратуре связи, уменьшая тем самым её эффективность [5].

Анализ научно-технической литературы показал, что среди работ, посвященных исследованию вопроса повышения помехоустойчивости сигнально-кодовых конструкций с OFDM, в основном предлагаются методы и алгоритмы, основанные на введении избыточности и использовании дополнительных циклов и алгоритмов кодирования [6-8]. Немаловажными являются работы по разработке альтернативных способов модуляции OFDM сигнала, одним из авторов которых является Бочков Г.Н. Можно выделить предлагаемый им способ относительной фазовой модуляции OFDM сигнала, рассматриваемый в работах [9], который позволяет обеспечивать потенциальную помехоустойчивость приема в каналах с АБГШ. Необходимо отметить, что такие подходы являются достаточно эффективными решениями, но увеличивают время обработки сигнала в устройстве и его избыточность, что не всегда оправдано.

ЦЕЛЬ СТАТЬИ

Предлагается метод повышения помехоустойчивости сигнально-кодовых конструкций с OFDM на основе применения нового сигнального базиса собственных векторов субполосных матриц.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРЕДЛАГАЕМОГО РЕШЕНИЯ

Формирование дискретных оптимальных канальных сигналов в предлагаемом методе осуществляется в результате решения вариационной задачи по минимизации просачивания энергии сигнала за пределы выделенного частотного интервала, которая в математическом виде может быть представлена следующим соотношением:

$$\|\bar{x}\|^2 - P_r = \bar{x}^T (\mathbf{I} - \mathbf{A}_r) \cdot \bar{x} = \min \quad (1)$$

где \bar{x} – отсчеты сформированного канального сигнала, представленные в виде вектора; P_r – энергия сигнала в заданном частотном интервале, ширина которого составляет

¹ Исследования выполнены при поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы, Государственный контракт № 14.740.11.1260 от 17 июня 2011 г.

$(v_{r+1} - v_r)$; $\mathbf{I} = \text{diag}(1, \dots, 1)$ – единичная матрица; $\mathbf{A}_r = \{a_{ik}\}$ – субполосная матрица, соответствующая r -ому частотному интервалу с элементами вида:

$$a_{ik}^r = \begin{cases} \frac{\sin[v_r(i-k)] - \sin[v_{r-1}(i-k)]}{\pi(i-k)}, & i \neq k \\ \frac{v_r - v_{r-1}}{\pi}, & i = k \end{cases} \quad (2)$$

Здесь предполагается выполнение неравенства $0 \leq v_r < v_{r+1} \leq \pi$.

В методе с использованием выражения (1) находится такой набор собственных векторов \vec{q}_j матрицы \mathbf{A}_r , собственные числа которых близки к единице, то есть:

$$\lambda_1 > \lambda_2 > \dots > \lambda_j \approx 1$$

Выполнение условия (1.22) является определяющим, так как только в этом случае может быть сформирован базис собственных векторов субполосных матриц, используя который для формирования канального сигнала будет обеспечен минимальный уровень просачивания его энергии за пределы выделенного частотного интервала.

Действительно, так как собственные числа λ_j равны долям энергии собственных векторов \vec{q}_j , которые попадают в выделенный частотный интервал, в соответствии с равенством общей энергии единице выполняются неравенства $\lambda_j \leq 1$. Тогда просачивание энергии собственного вектора за пределы выделенного частотного интервала будет равно $1 - \lambda_j$. Отсюда явно видно, что чем ближе значение λ_j к единице, тем меньше уровень просачивания энергии за пределы выделенного частотного интервала.

Таким образом, формирование канальных сигналов происходит следующим образом:

$$x_{mN} = \sum_{k=1}^N y_{m,k} \cdot q_k(t), \quad (3)$$

где x_{mN} – отсчеты сформированного канального сигнала длительностью N ; $y_{m,k}$ – m -ый блок длительностью N , информационные символы которого передаются параллельно.

Также для формирования канальных сигналов можно воспользоваться другими соотношениями, но при этом они будут тождественные (3).

Необходимо сформировать матрицу \mathbf{Q} , состоящую из набора таких собственных векторов \vec{q}_j , которые имеют значения собственных чисел близких к единице, т.е. $\lambda_j \approx 1$.

$$\mathbf{Q} = (\vec{q}_1, \vec{q}_2, \dots, \vec{q}_J) \quad \vec{q}_J \text{ – собственные вектора субполосных матриц}$$

Таким образом, формирование канальных сигналов происходит следующим образом:

$$\vec{x} = \mathbf{Q} \cdot \vec{e}, \quad (4)$$

где \vec{x} – сформированный канальный сигнал; $\vec{e} = (e_1, e_2, \dots, e_J)$ – информационный вектор, который может быть получен из блока $y_{m,k}$ размерностью N .

Необходимо отметить, что энергия сигнала за пределами заданного частотного интервала вычисляется согласно выражению вида:

$$E_{ПП} = \sum_{i=1}^J e_i^2 (1 - \lambda_i). \quad (5)$$

Ввиду свойства ортогональности собственных векторов субполосных матриц для их восстановления из группового канального сигнала в режиме частотного уплотнения можно воспользоваться следующим соотношением:

$$\vec{e}' = \mathbf{Q}^T \cdot \vec{x}. \quad (6)$$

Предлагаемый метод позволяет определить канальный сигнал \vec{x} , оптимальный в смысле минимума просачивания энергии за пределы выделенного частотного интервала, при сохранении точных значений информационного вектора.

РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Оценка влияния помех проводилась с использованием компьютерного моделирования в среде MatLAB. Одним из наиболее важных требований, предъявляемых к системам радиосвязи, является верность передаваемой от источника сообщения к получателю информации, поэтому в качестве критерия оценки влияния помехи на сигнал целесообразно использовать вероятность ошибки на бит (BER).

Моделирование осуществлялось по следующему алгоритму:

- генерировалась бинарная ПСП последовательность, которая являлась передаваемыми данными;
- используя полученную ПСП формировались канальные сигналы с использованием традиционного метода, основанного на использовании ортогонального базиса Фурье, причем сигналы синтезировались в одинаковой полосе частот (20МГц) и с равной длительностью (12.8 мкс.) [11];
- с каждым из сформированных сигналов складывалась сгенерированная разновидность помехи заданной мощности;
- полученные сигналы демодулировались и вычислялось отношение ошибочно принятых бит к общему количеству переданных.

Результаты помехоустойчивости для сигнала OFDM стандарта 802.16d-Fixed WiMAX (кривые № 1) соответствуют результатам, представленным в ряде авторитетных источников [12-14], что свидетельствует об адекватности используемых компьютерных моделей и достоверности полученных результатов.

ВЛИЯНИЕ ФЛУКТУАЦИОННОЙ ПОМЕХИ

Необходимо отметить, что используемый в данном исследовании тип помех обусловлен хаотическим тепловым движением электронов и ионов в элементах самого приёмника. Основными источниками этих шумов являются полупроводниковые приборы, усилительные каскады и т.д. Характерной особенностью этого вида помех является то, что они независимы от сигнала и имеют место даже в том случае, когда сигнал на входе приёмника отсутствует [15].

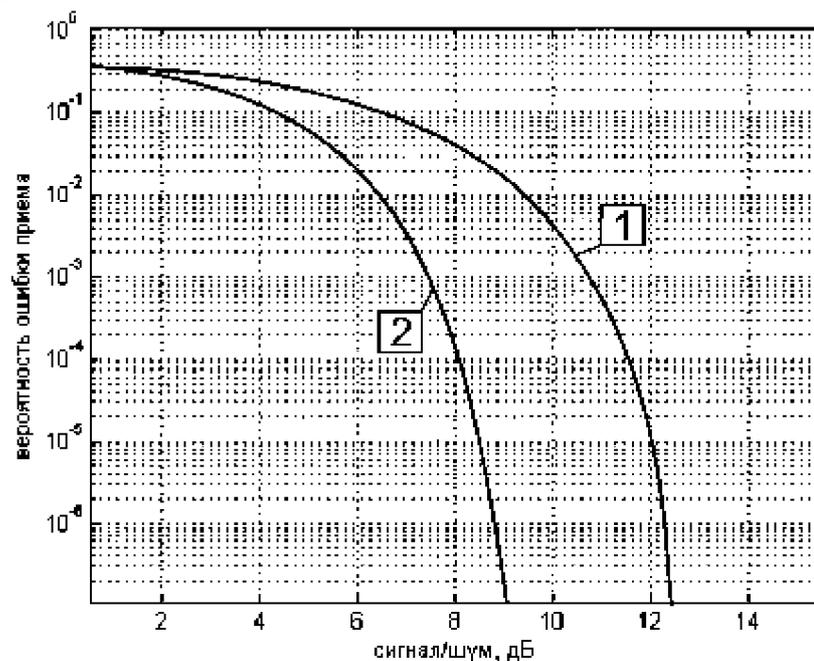


Рисунок 1 – Вероятность ошибки на бит (BER) при использовании
 а) классического OFDM (кривая № 1); б) сигнала, сформированного на основе собственных векторов субполосных матриц (кривая № 2)

Используемая в моделировании помеха характеризуется плотностью вероятности, описываемая следующим выражением:

$$\omega(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}\right], \quad (10)$$

где $\omega(x)$ – плотность вероятности случайной величины; σ^2 – дисперсия случайной величины; m – математическое ожидание случайной величины;

Полученные в результате моделирования значения вероятности ошибки на бит были аппроксимированы кривыми (рис. 1).

ВЛИЯНИЕ ИМПУЛЬСНОЙ ПОМЕХИ

Под импульсной помехой принято понимать такую регулярную или хаотичную последовательность мешающих импульсов, когда за время длительности элемента сигнала T на вход приемного устройства поступает один или несколько импульсов. Мешающим импульсом является любая помеха, длительность которой значительно меньше длительности элемента сигнала и обычно составляет порядка $10^{-5} - 10^{-9}$ с. Несмотря на то, что импульсная помеха действует весьма короткое время, она может существенно снизить верность передаваемой информации. Её спектр заполняет всю полосу частот приёмника, её энергия может оказаться весьма значительной [16].

Используемый в исследовании тип помех создаётся электрооборудованием и различными электронными приборами, электротранспортом, линиями электропередачи и другими техническими средствами. При работе электроустройств радиопомехи возникают вследствие резких изменений тока и напряжения в электрических цепях, сопровождающихся часто искрением, например, при разрывах контактов или при скольжении щеток электрических машин по коллектору. В результате создаётся непрерывный спектр помех, охватывающий полосу частот, используемую для радиосвязи, радиовещания и телевидения, что особенно актуально в условиях современных промышленных городов. Полученные в результате моделирования значения вероятности ошибки на бит были аппроксимированы кривыми (рис. 2).

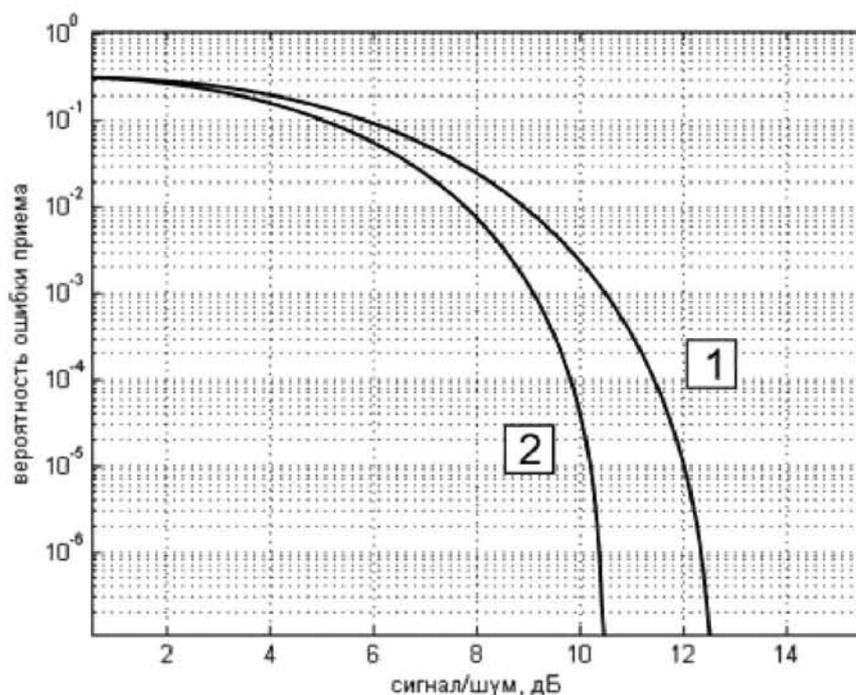


Рисунок 2 – Вероятность ошибки на бит (BER) при использовании
 а) классического OFDM (кривая № 1); б) сигнала, сформированного на основе собственных векторов субполосных матриц (кривая № 2)

ВЫВОДЫ

Применение базиса собственных векторов субполосных матриц для формирования канальных сигналов OFDM позволяет повысить их устойчивость к воздействию флуктуационной, узкополосной и импульсной помехи в среднем на 3 дБ по сравнению с сигналами, сформированными классическим способом на основе базиса Фурье. Предлагаемый подход обеспечивает устойчивую работу систем радиосвязи в условиях плохой электромагнитной обстановки и не требует введения дополнительных устройств и алгоритмов кодирования, а также увеличения избыточности сигналов, что не снижает эффективности систем связи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тихвинский В.О. Сети мобильной связи LTE. Технологии и архитектура / В.О. Тихвинский, В.О. Терентьев, А.Б. Юрчук. – М.: Эко-Трендз, 2010. – С. 128.
2. Шахнович И.В. Современные технологии беспроводной связи. – М.: Техносфера, 2004.
3. Еременко А.И., Пименов В.А. Этапы развития и преимущества применения технологии ортогонального частотного мультиплексирования // Телекоммуникации. – № 12. – 2007. – С. 18-21.
4. Филин С.А. Уменьшение помех в сети mobile WiMAX с многопользовательским разнесением / С.А. Филин, С.Н. Моисеев, М.С. Кондаков // «Электросвязь». – № 3. – 2008.
5. Хилько В.О. Некоторые аспекты применения технологии OFDM в системах мобильной связи. – «Мобильные системы». – № 7. – 2007. – С. 6-9.
6. Иванов Ю.А., Невструев И.А. Структура и помехоустойчивость систем беспроводного доступа с OFDM. – Электротехнические и информационные комплексы и системы. – № 3. – Т. 5. – 2009. – С. 25-29.
7. Андрианов М.Н. Повышение помехоустойчивости при передаче информации по OFDM-каналу в сложной помеховой обстановке / М.Н. Андрианов, А.В. Бумагин, А.В. Гондарь, А.А. Прудников, В.Б. Стешенко // «Электросвязь». – № 7. – 2010. – С. 38-41.
8. Давыдов А.В., Мальцев А.А. Анализ помехоустойчивости OFDM-систем связи, работающих при наличии интерферирующих станций // Известия высших учебных заведений. Радиофизика. – Т. 50. – № 6. – 2007. – С. 533-543.
9. Бочков Г.Н. Способ относительной фазовой модуляции OFDM-сигналов / Г.Н. Бочков, К.В. Горохов, А.В. Колобков // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия «Радиофизика». – 2009. – № 2. – С. 62-70.
10. Жилияков Е.Г. Вариационные методы анализа и построения функций по эмпирическим данным: моногр. – Белгород: Изд-во БелГУ, 2007.
11. Сюваткин В.С., Есипенко В.И. и др. WiMAX – технология беспроводной связи: основы теории, стандарты, применение. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – С. 99-105.
12. Прокис Дж. Цифровая связь: пер. с англ. / под ред. Д.Д. Кловского. – М.: Радио и связь, 2000.
13. Ahmad R. S. Bahai., Burton R. Salzberg. Multi-Carrier Digital Communication. Theory and Application of OFDM. Kluwer Academic/Plenum Publishers. – New York, 2007.
14. Henrik Schulze, Christian Luders. Theory and Application of OFDM and CDMA. Wideband Wireless Communications / British library Cataloguing in Publication Data.: John Wiley & Sons, Ltd, 2005.
15. Сикарев А.А., Фалько А.И. Оптимальный прием дискретных сообщений. – М.: Связь, 1978. – С. 328.
16. Феер К. Беспроводная цифровая связь. Методы модуляции и расширения спектра: пер. с англ. / под ред. В.И. Журавлева. – М.: Радио и связь, 2000.

Белов Сергей Павлович

Белгородский государственный университет, г. Белгород

Кандидат технических наук, профессор, декан факультета компьютерных наук и телекоммуникаций

Тел.: 8 (4722) 30-13-50

E-mail: Belov@bsu.edu.ru

Ушаков Дмитрий Игоревич

Белгородский государственный университет, г. Белгород

Ассистент кафедры «Информационно-телекоммуникационные системы и технологии»
Тел.: 8 (4722) 30-13-00
E-mail: Ushakov_d@bsu.edu.ru

S.P. BELOV (*Candidate of Engineering Sciences, professor, Dean of the Faculty of Computer Science and Telecommunications*)

D.I. USHAKOV (*Assistant of the department «Information and telecommunications systems and technologies»
Belgorod State University, Belgorod*)

ABOUT POSSIBILITY INCREASED NOISE IMMUNITY SIGNALS WITH OFDM

The paper proposes a method for increasing noise immunity of signal-code-constructions based on c OFDM is used as a basis for forming a signal channel signals, the eigenvectors subband matrices with the value of the eigenvalues close to unity. It is show that its use can increase the resistance to the effects of fluctuation, narrowband and impulse noise in 2-fold compared with OFDM signals built on the Fourier basis.

Keywords: *OFDM; signal basis; subband matrix; immunity; channel signals; the fluctuation noise; narrowband noise; impulse noise; the efficiency of the communication system.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Tixvinskij V.O. Seti mobil'noj svyazi LTE. Texnologii i arxitektura / V.O. Tixvinskij, V.O. Terent'ev, A.B. Yurchuk. – M.: E'ko-Trendz, 2010. – S. 128.
2. Shaxnovich I.V. sovremenny'e texnologii besprovodnoj svyazi. – M.: Texnosfera, 2004.
3. Eryomenko A.I., Pimenov V.A. E'tapy' razvitiya i preimushhestva premineniya texnologii ortogonal'nogo chastotnogo mul'tipleksirovaniya // Telekommunikacii. – № 12. – 2007. – S. 18-21.
4. Filin S.A. Umen'shenie pomex v seti mobil WiMAX s mnogopol'zovatel'skim razneseniem / S.A. Filin, S.N. Moiseev, M.S. Kondakov // «E'lektrosvyaz'». – № 3. – 2008.
5. Xil'ko V.O. Nekotory'e aspekty' primeneniya texnologii OFDM v sistemax mobil'noj svyazi. – «Mobil'ny'e sistemy'». – № 7. – 2007. – S. 6-9.
6. Ivanov Yu.A., Nevstruev I.A. Struktura i pomexoustojchivost' sistem besprovodnogo dostupa s OFDM. – E'lektrotexnicheskie i infmacionny'e komplekсы' i sistemy'. – № 3. – T. 5. – 2009. – S. 25-29.
7. Andrianov M.N. Povy'shenie pomexoustojchivosti pri peredache informacii po OFDM-kanalu v slozhnoj pomexovoj obstanovke / M.N. Andrianov, A.V. Bumagin, A.V. Gondar', A.A. Prudnikov, V.B. Steshenko // «E'lektrosvyaz'». – № 7. – 2010. – S. 38-41.
8. Davy'dov A.V., Mal'cev A.A. Analiz pomexoustojchivosti OFDM-sistem svyazi, rabotayushhix pri nalichii interferiruyushhix stancij // Izvestiya vy'sshix uchebny'x zavedenij. Radiofizika. – T. 50. – № 6. – 2007. – S. 533-543.
9. Bochkov G.N. Sposob odnositel'noj fazovoj modulyacii OFDM-signalov / G.N. Bochkov, K.V. Goroxov, A.V. Kolobkov // Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N.I. Lobachevskogo. Seriya «Radiofizika». – 2009. – № 2. – S. 62-70.
10. Zhilyakov E.G. Variacionny'e metody' analiza i postroeniya funkcyj po e'mpiricheskim danny'm: monogr. – Belgorod: Izd-vo BelGU, 2007.
11. Syuvatkin V.S., Esipenko V.I. i dr. WiMAX – texnologiya besprovodnoj svyazi: osnovy' teorii, standarty', primeneniye. – SPb.: BXV-Peterburg, 2005. – S. 99-105.
12. Prokis Dzh. Cifrovaya svyaz': per. s angl. / pod red. D.D. Klovskogo. – M.: Radio i svyaz', 2000.
13. Ahmad R. S. Bahai., Burton R. Salzberg, Multi-Carrier Digital Communication. Theory and Application of OFDM. Kluwer Academic/Plenum Publishers. – New York, 2007.
14. Henrik Schulze, Christian Luders. Theory and Application of OFDM and CDMA. Wideband Wireless Communications / British library Cataloguing in Publication Data.: John Wiley & Sons, Ltd, 2005.
15. Sikarev A.A., Fal'ko A.I. Optimal'ny'j priyom diskretny'x soobshhenij. – M.: Svyaz', 1978. – S. 328.
16. Feer K. Besprovodnaya cifrovaya svyaz'. Metody' modulyacii i rasshireniya spektra: per. s angl. / pod red. V.I. Zhuravlyova. – M.: Radio i svyaz', 2000.

УДК 621.391.63

В.С. НИКИТИН, А.Н. ЛОМАНОВ, А.В. ГУСАРОВ, С.В. ЧАЙКА

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ МНОГОКАНАЛЬНЫХ ОПТИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ НА БАЗЕ ПЛИС

Создание новых способов соединений – достаточно редкое явление в технике, особенно в последнее время. В данной статье описывается один из способов практической реализации технологии интеллектуальных многоканальных оптоволоконных соединений (ИМКС) на базе ПЛИС фирмы Xilinx.

Ключевые слова: *смартлинк; вертикально излучающий лазер; светодиод; фотоприемник; оптическая шина; программируемая логическая интегральная схема (ПЛИС).*

Соединения, реализующие технологию интеллектуальных многоканальных оптических соединений (ИМКС), можно назвать смартлинками (от английского «smartlink»). На базе смартлинков становится возможным создание электронной техники, обладающей свойствами регенеративности и полиморфности [1-4]. Примерная схема ИМКС представлена на рисунке 1.

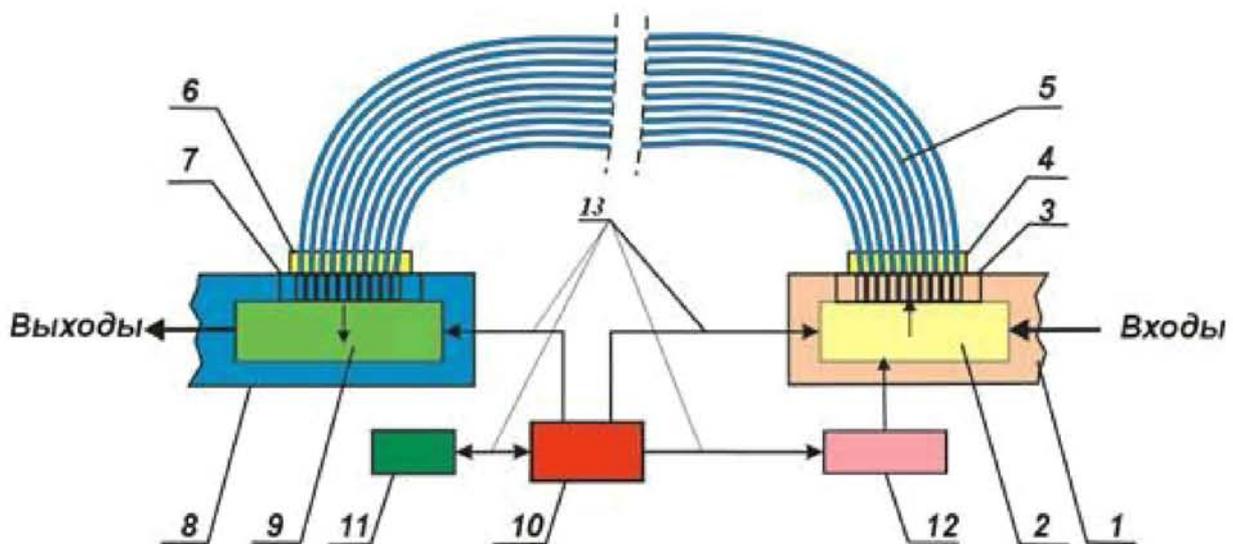


Рисунок 1 – Схема ИМКС:

1 – микросхема источник сигналов, 2 – коммутатор матрицы передатчиков, 3 – матрица передатчиков (светодиоды, VCSEL-лазеры), 4 – матрица входящих концов пучка проводников, 5 – пучок оптических волокон, проводников сигнала (оптошина), 6 – матрица выходящих концов пучка проводников, 7 – матрица приемников (фотодиоды), 8 – микросхема приемник сигналов, 9 – коммутатор каналов, 10 – процессор, 11 – блок памяти, 12 – система формирования тестовых сигналов каналов, 13 – шины связи

С помощью смартлинков сложнейшие электронные устройства можно соединять произвольным образом – «как получится». Процессор, обслуживающий соединение, переключит все каналы «как надо». Смартлинк, представленный на рисунке 1, состоит из передатчика оптошины и приемника, соединенных оптошиной.

«Умом» смартлинка является процессор, управляющий соединением с помощью коммутатора. Основой передатчика является VCSEL-матрица, т.е. матрица вертикально излучающих лазеров. В качестве оптошины в смартлинках используются оптоволоконные

жгуты. Обычно это тонкая трубка, в которой находятся десятки тысяч оптических волокон диаметром от 10 до 50 мкм. На каждый канал связи может приходиться группа волокон (от 4 до 100) [5].

Работает смартлинк следующим образом. На входы *VCSEL*-матрицы, расположенной в микросхеме (источнике информации), подают электрические импульсы, которые модулируют излучение лазеров. Это излучение по оптошине поступает к матрице фотодиодов, расположенной в приемнике информации, и преобразуется в поток электрических импульсов. Каждый фотодиод подключен к управляемому процессором коммутатору.

При соединении оптошину подключают к матрицам передатчика и приемника «как получится», совмещая лишь оптические области матриц и оптошины. Поэтому на входы матрицы-приемника сигналы от лазеров поступают в перепутанном порядке. Чтобы получить нужный порядок подключения шины, процессор в начале работы устройства соединяется с матрицей передатчика и по особой процедуре проводит распознавание каналов. С помощью коммутатора распознанные каналы связи переподключаются на выход коммутатора в заданном порядке. Неработоспособные и дублирующие каналы отключаются. Важно, что процедура распознавания каналов и переподключения производится однократно и никак не влияет на скорость передачи информации в дальнейшем [5, 6].

Если работа смартлинка нарушается, он может проводить повторные распознавания каналов. Таким образом, реализуется свойство самовосстановления или регенерации. Если в процессе работы потребуется изменить порядок подключения шины, процессор с помощью коммутатора может сделать это очень быстро.

Так реализуется свойство полиморфности. Количество передатчиков, приемников и излучателей в устройстве больше или равно требуемого количества каналов связи, при этом число приемников должно быть больше с целью гарантированной реализации нужного числа каналов при повреждении световода или вследствие других причин. Структурная схема такого соединения показана на рисунке 2.

После включения устройства приемник находится в режиме ожидания. Компьютер-приемник посылает управляющему микроконтроллеру код режима. В зависимости от этого кода управляющий микроконтроллер выполняет следующие функции совместно с передатчиком: поиск каналов, коммутацию каналов, передачу информации.

Работа схемы осуществляется следующим образом. Данные с компьютера передаются через ПЛИС, осуществляющую коммутацию сигналов, на блок лазеров. Импульсы лазера по световоду передаются на матрицу фотодиодов. Далее с помощью цифровых компараторов сигнал с фотодиодов усиливается и преобразуется в логический сигнал, который подается на приемный коммутатор, также реализуемый на ПЛИС. Эти данные передаются в соответствующие блоки коммутации и далее приемному компьютеру.

Рассмотрим режим поиска каналов. В начале работы на входах компараторов устанавливается максимальное опорное напряжение, что соответствует максимальной засветке фотодиодов. Для выделения каналов в волоконно-оптическом кабеле, которые возможно использовать для передачи данных, производится формирование тестовых последовательностей импульсов.

Если переданная тестовая последовательность будет принята на каком-либо фотодиоде без искажений, то такой канал, определяемый парой «лазер-фотодиод», можно считать пригодным для передачи информации. В противном случае канал отвергается.

Для формирования канала передатчику передается информация о необходимости включения лазера, а также номер лазера, который надо включить. Передатчик включает лазер, на приемной стороне опрашиваются компараторы. В трехмерную таблицу записывается для текущего лазера уровень засветки фотодиода – порог (опорное напряжение) (рис. 3).

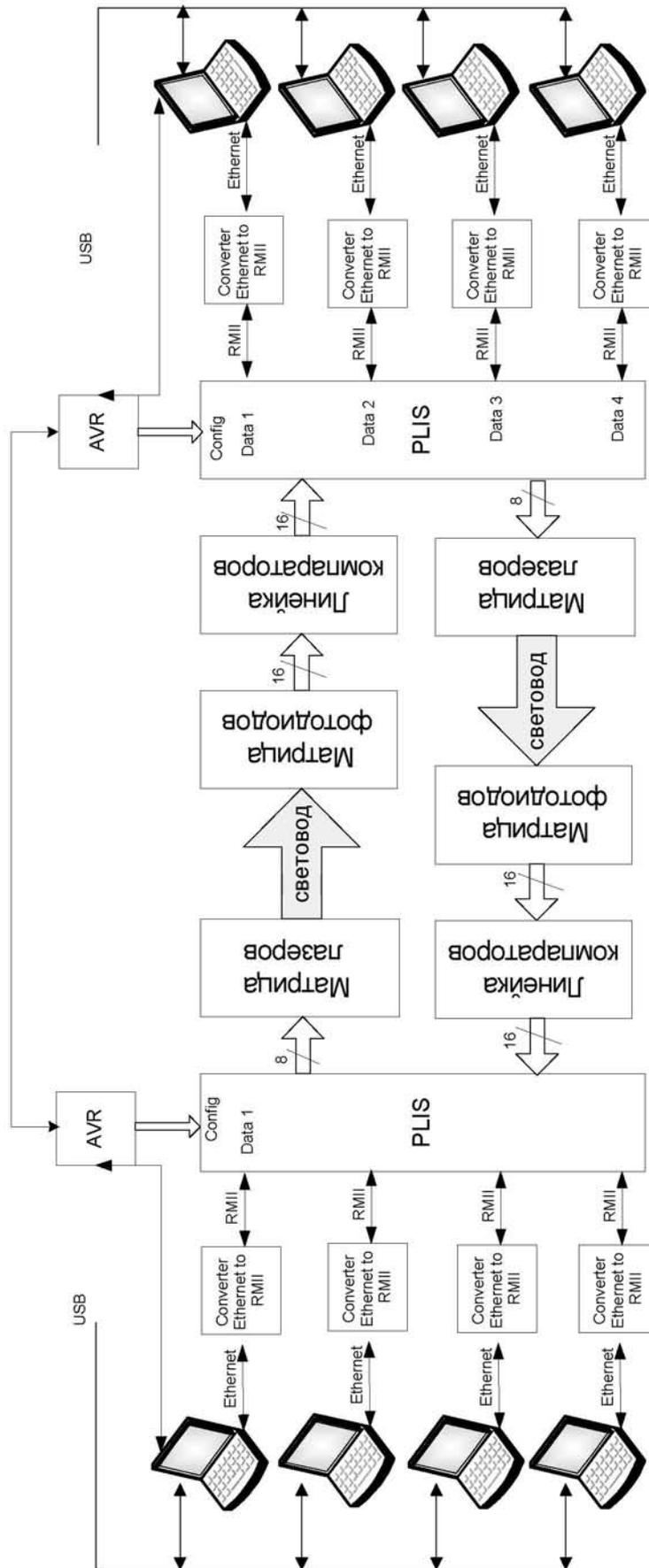


Рисунок 2 – Структурная схема соединения для реализации 8 независимых каналов

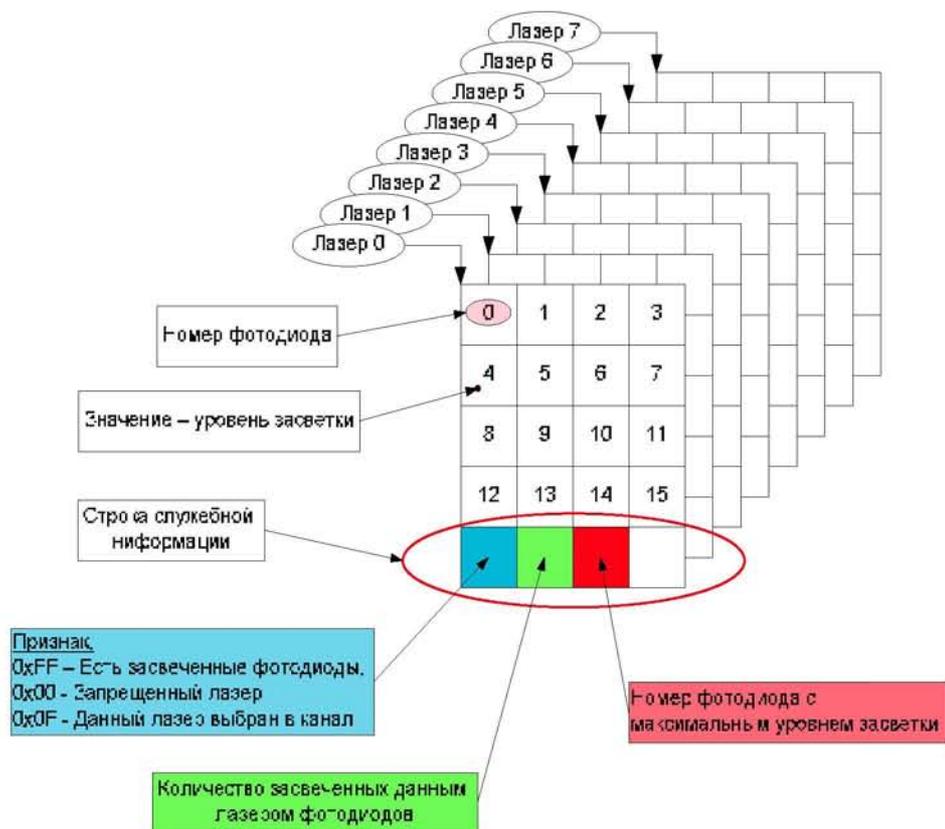


Рисунок 3 – Трехмерная таблица с информацией о состоянии фотодиодов

Контроллер AVR записывает состояние фотодиодов в таблицу состояний. Далее контроллер подает сигнал на зажигание следующего лазера и так далее до тех пор, пока не будут перебраны все лазеры и не составится таблица соответствия зажигаемого лазера и засвеченных фотодиодов.

Если для текущего включенного лазера и фотодиода в таблице имеется какой-то порог, то записывается только больший порог. Таким образом, в результате заполнения таблицы для каждой пары лазер-фотодиод получаем минимальный порог срабатывания. В дальнейшем при передаче информации выставляется минимальный порог. Поэтому данный алгоритм записи порогов позволяет использовать фотодиоды в канале даже с небольшой засветкой. Кроме того, для каждого лазера определяется фотодиод с максимальной засветкой.

Далее выполняется алгоритм поиска перекрывающихся фотодиодов и формирования каналов (соответствий лазер-фотодиод). При этом возможна ситуация, когда фотодиод засвечивается несколькими лазерами. При этом выбирается тот лазер, который дает максимальную засветку.

В результате составляется таблица соответствия лазер-фотодиод и организуются каналы в виде пар лазер-фотодиод, в которых лазер дает максимальную засветку.

Результатом работы алгоритма распознавания каналов в волоконно-оптическом кабеле является формирование в памяти программного процессора списка распознанных каналов для кабеля, подсоединенного к входному модулю. Данная таблица должна быть передана на сторону, с которой производится обмен. Список выделенных каналов представляет собой таблицу соответствия «лазер-фотодиод».

В режиме коммутации каналов устанавливается минимальный порог на компараторах, устанавливается режим коммутации ПЛИС, в ПЛИС приемника и передатчика передается информация о соответствии каналов и использующихся в них лазеров и фотодиодов.

В режиме передачи информации ПЛИС передатчика становится «прозрачной» для передаваемых через нее сигналов от передатчика, а ПЛИС приемника становится «прозрачной» для проходящих через нее сигналов с компараторов. Если в процессе передачи происходит сбой, компьютер-приемник посылает управляющему микроконтроллеру код режима поиска каналов и процесс поиска и коммутации каналов повторяется.

Таким образом, существующая элементная база позволяет реализовать новый способ многоканальных оптоволоконных соединений. Вместе с тем, для реализации данного способа соединений потребовалось разработать и реализовать специальные алгоритмы поиска каналов, коммутации и передачи информации.

Для проверки работоспособности данной идеи совместно с ООО «НТЦ «Интрофизика» был разработан первый лабораторный образец, реализующий технологию ИМКС, обладающей регенеративностью и полиморфностью.

В процессе работы впервые удалось осуществить одновременную передачу информации по 4-м отдельным оптическим каналам, созданным в одной оптоволоконной шине диаметром 3 мм на базе стекловолоконных и пластиковых жгутов. В процессе работы впервые удалось создать самовосстанавливающееся (регенеративное) оптическое соединение, способное автоматически без юстировки восстанавливать разорванные оптические цепи даже при произвольном повороте жгута в разъеме или его смещении на величины порядка $0,1 \div 0,2$ от диаметра.

В настоящее время планируется продолжить работы по совершенствованию опытного образца и доведению его до промышленного варианта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Спектральное уплотнение каналов [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые и граф. дан. – [Б. м.], 2001. – URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki/DWDM>. – Загл. с экрана.
2. ИКС: Компания NMRC [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые и граф. дан. – М.: ИКС-холдинг, 2007. – URL: <http://www.iks-media.ru/company/nmrc.html>. – Загл. с экрана.
3. Modeling and Integration of Highly Parallel Optical Interconnect in Electronic Systems [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые и граф. дан. – [Б. м.], 2006. – URL: http://escher.elis.ugent.be/publ/edocs/doc/d107_158.pdf. – Загл. с экрана.
4. Никитин В.С. Патент РФ № 2270493 от 16.01.2004 г. «Способы самовосстанавливающегося соединения многоконтактных приборов или микросхем и устройство для его осуществления». Зарегистрирован 20.02.2006 г.
5. Никитин В.С. Смартлинки – умные соединения / В.С. Никитин, Э.И. Семенов, А.Н. Ломанов, А.В. Гусаров // Журнал «Фотоника». – 2009. – № 1.
6. Ломанов А.Н. Разделение оптических сигналов для смартлинков / А.Н. Ломанов, В.С. Никитин, Э.И. Семенов, А.В. Гусаров, С.В. Чайка // Журнал «Наноиндустрия». – 2010. – № 2.

Никитин Владимир Степанович

Научно-технологический центр «Интрофизика», г. Рыбинск

Кандидат технических наук, директор

Тел.: 8 (4855) 29-53-28

E-mail: intronik@yaroslavl.ru

Ломанов Алексей Николаевич

Рыбинская государственная авиационная технологическая академия имени П.А. Соловьева, г. Рыбинск

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Вычислительные системы»

Тел.: 8 (4855) 21-97-16

E-mail: lepss@yandex.ru

Гусаров Александр Вячеславович

Рыбинская государственная авиационная технологическая академия имени П.А. Соловьева, г. Рыбинск

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Вычислительные системы»

Тел.: 8 (4855) 21-97-16

E-mail: alvgus@mail.ru

Чайка Сергей Владимирович

Рыбинская государственная авиационная технологическая академия имени П.А. Соловьева, г. Рыбинск
Аспирант кафедры «Математическое и программное обеспечение вычислительных систем»

Тел.: 8 902 224 44 78

E-mail: chaika_sv@mail.ru

V.S. NIKITIN (*Candidate of Engineering sciences, director*)

Scientific-technological center «Introfizika», Rybinsk of Yaroslavl region

A.N. LOMANOV (*Candidate of Engineering sciences, Associate Professor of the department
«Computing systems»*)

A.V. GUSAROV (*Candidate of Engineering sciences, Associate Professor of the department
«Computing systems»*)

S.V. CHAJKA (*Post-graduate student*)

State educational institution of higher professional education

«Rybinsk State University of Aviation Technology»

PLD-BASED SMART MULTICORE FIBER INTERFACES APPLICATION

The creation of new connections – a rather rare phenomenon in engineering, especially in the last time. In this article one of the ways of practical implementation of intelligent multi-channel fiber connections (IMCFC) technology on the basis of Xilinx company PLIS is described.

Keywords: *smartlink; vertical radiant laser; led; photodetector; optical bus; programmable logic integrated circuits (PLIS).*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Spektral'noe uplotnenie kanalov [E'lektronny'j resurs]. – E'lektron. tekstovy'e i graf. dan. – [B. m.], 2001. –URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki/DWDM>. – Zagl. s e'krana.
2. IKS: Kompaniya NMRC [E'lektronny'j resurs]. – E'lektron. tekstovy'e i graf. dan. – M.: IKS-xolding, 2007. –URL: <http://www.iks-media.ru/company/nmrc.html>. – Zagl. s e'krana.
3. Modeling and Integration of Highly Parallel Optical Interconnect in Electronic Systems [E'lektronny'j resurs]. – E'lektron. tekstovy'e i graf. dan. – [B. m.], 2006. –URL: http://escher.elis.ugent.be/publ/edocs/doc/d107_158.pdf. – Zagl. s e'krana.
4. Nikitin V.S. Patent RF № 2270493 ot 16.01.2004 g. «Sposoby' samovosstanavlivayushhegosya soedineniya mnogokontakny'x priborov ili mikrosxem i ustrojstvo dlya ego osushhestvleniya». zaregistrirovan 20.02.2006 g.
5. Nikitin V.S. Smartlinki – umny'e soedineniya /V.S. Nikitin, E'.I. Semyonov, A.N. Lomanov A.V., Gusarov // Zhurnal «Fotonika». – 2009. – № 1.
6. Lomanov A.N. Razdelenie opticheskix signalov dlya smartlinkov / A.N. Lomanov, V.S.Nikitin, E'.I.Semyonov, A.V. Gusarov, S.V. Chajka // Zhurnal «Nanoindustriya». – 2010. – № 2.

А.В. КОМИССАРОВ

РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА КРИГИНГА ДЛЯ КОРРЕКЦИИ ГРАНИЧНОЙ ЧАСТОТЫ ДЕКАМЕТРОВЫХ РАДИОЛИНИЙ

Рассматривается эффективность коррекции ионосферной модели IRI по данным наземных ионозондов и спутникового радиозондирования (на примере пилотируемой космической станции «МИР»). Основываясь на полученных экспериментальных данных, были получены скорректированные карты критических частот модели IRI, которые позволили выявить ионосферное возмущение, зафиксированное в районе проведения радиозондирования.

Ключевые слова: коррекция ионосферной модели; скорректированные карты критических частот.

Современное развитие телекоммуникационных систем выдвигает более жесткие требования к устойчивости, надежности, оперативности связи. Зачастую в удаленных труднодоступных районах при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций очень сложно организовать устойчивую и надежную связь. Несмотря на то, что широкими шагами вошли и заняли свою нишу спутниковые системы передачи, дороговизна оборудования и систем в целом накладывают ограничение на их широкое использование; в то же время современная декаметровая (ДКМ) связь позволяет при относительно небольших затратах осуществлять передачу информации на большие расстояния. Возможность обеспечения устойчивой связи из труднодоступных мест, высокая мобильность и живучесть помогают вывести в заслуженные лидеры радиолинии декаметрового (ДКМ) и метрового диапазонов.

Давно известно, что устойчивость ДКМ радиолиний сильно зависит от состояния ионосферы, солнечной активности. Идеальный вариант – когда состояние ионосферы стабильно, никаких процессов внутри неё не происходит, все известно и постоянно, но это, к сожалению, невозможно. А знание происходящих процессов и их влияния на распространение радиоволн позволяет своевременно вносить необходимые коррективы добиваться повышения устойчивости ДКМ радиосвязи. И поэтому одним из важнейших направлений повышения устойчивости ДКМ радиосвязи является прогнозирование ионосферных условий.

В настоящее время данные для расчета ДКМ радиолиний получают из наблюдения процессов, происходящих в ионосфере, а при невозможности наблюдений обрабатываются ранее полученные статистические данные, которые представлены в виде ионосферных моделей (далее – модели). Модели позволяют по ограниченному набору входных данных (например, географические координаты и время) вычислить значение требуемого параметра ионосферы, в том числе, и значения критических частот, но модели выдают ориентировочные расчеты по усредненным параметрам ионосферы. А ввиду «живучести» ионосферы применение модельных данных в «чистом» виде к текущей ионосферной обстановке недопустимо.

Одним из способов повышения устойчивости линий ДКМ радиосвязи может быть коррекция прогнозируемых (модельных) значений критических частот f_oF_2 по реальным данным с применением определенного алгоритма. В качестве объекта коррекции (адаптации) выбрана эмпирическая модель IRI-2001, как наиболее разработанная, часто используемая и периодически обновляемая, а значит, и наилучшим образом подходящая для данного исследования. Но в то же время созданная модель IRI еще не прошла достаточной проверки на трассах ДКМ связи. Мало исследованы возможности по адаптации модели, информации о возможности применения модели для оперативного прогноза крайне мало.

Для проведения коррекции предлагается алгоритм, основанный на методе кригинга. Метод кригинга [2] представляет собой интерполяционный метод, в котором значение в

расчетной точке получается путем взвешенного усреднения по начальным (заданным) значениям. В качестве весового коэффициента усреднения выступает расстояние между расчетной и начальной точками. В применении к построению карт критических частот метод адаптируется введением коэффициентов, учитывающих анизотропные свойства ионосферы, а также дополнительного множителя, который позволяет сгладить результаты коррекции на границах корректируемой области.

В результате коррекции вычисляется критическая частота в расчетной точке, представляющая сумму произведений критических частот и соответствующих им весовых коэффициентов. Более подробно описание метода коррекции представлено в [2], а в рамках данной статьи рассмотрим результат коррекции значений критической частоты f_oF2 модели IRI-2001 методом кригинга.

По результатам адаптации модели ионосферы возможно создание карт, например, критической частоты слоя F2 (f_oF2), которые удобно использовать как для геофизических исследований, так и для практических расчетов условий распространения радиоволн.

В обобщенном виде алгоритм, использующийся при построении карт критических частот в ходе проведения коррекции данных модели IRI-2001, выглядит следующим образом:

1. Выбор наземных ионосферных станций, находящихся в районе радиотрассы и передающих свои данные в Интернет. Фиксация их координат, создание массива критических частот, полученных по ионограммам с каждой из станций. Каждая из наземных станций ВЗ предоставляет в сеть Интернет стандартный набор характеристик, включающий в себя критические частоты, высоту максимума слоя F2 и прочее. Эти данные могут быть получены на всевозможных сайтах [3, 4].

2. Проведение коррекции модели IRI-2001 методом кригинга.

3. Расчет МПЧ или других характеристик радиосвязи по одному из существующих многочисленных алгоритмов после получения скорректированной модели для района радиотрассы.

Для проверки возможности применения рассматриваемого метода как «оперативного инструмента» управления ДКМ радиосвязью были использованы полученные данные из Интернета (по состоянию на 31 марта 2006 года (00-23 UT)) со станций Wakkanai, Kokubunji, Yamagawa, Okinawa, проводящих вертикальное радиозондирование ионосферы. Состояние ионосферы во время проведения коррекции – невозмущенное.

Данный регион актуален в плане больших территорий, отсутствия развитой инфраструктуры по исследованию ионосферы, но в то же время являющийся восточной границей нашей Родины. Здесь как нигде необходима устойчивая радиосвязь как с подразделениями, выполняющими задачу по охране Государственной границы России на сухопутных территориях, в том числе, и на островах, так и на акватории Тихого океана.

Для оценки точности коррекции считается, что вершина треугольника радиосвязи находится как раз в месте расположения одной из известных ионосферных станций. Далее из исходного массива экспериментальных точек поочередно для всех станций отбрасывается значение в одной из них и производится коррекция модели IRI-2001 для этой станции без учета данных именно этой станции.

Расчитанное (скорректированное) значение критической частоты в месте расположения «отсутствующей» ионосферной станции сравнивается с тем, которое было зафиксировано на ней экспериментально. Отклонение расчетной частоты от экспериментальной и представляет собой значение $f_oF2_{\text{корр}}(\%)$. Также рассчитывается и отличие модельного значения f_oF2 от экспериментального IRI(%).

Отличие усредненных суточных модельных значений ($f_oF2, \%$) и скорректированных значений ($\overline{f_oF2}_{\text{корр}}, \%$) от экспериментальных значений f_oF2 представлено в таблице 1, а суточное отклонение скорректированных и модельных значений от экспериментальных – на рисунке 1.

Таблица 1 – Результаты коррекции по данным наземных ионозондов

Station	Latitude Geographic	Longitude Geographic	$\overline{foF2}$ %	$\overline{foF2}_{kopp}$ %
Wakkanai	45.16°N	141.75°E	21,3	10,8
Kokubunji	35.71°N	139.49°E	15,6	6,6
Yamagawa	31.20°N	130.62°E	15,1	7,8
Okinawa	26.68°N	128.15°E	14,3	8,9

Из таблицы и рисунка видно, что отклонение скорректированных значений foF2 от экспериментальных в среднем в 1,5 раза меньше, чем отличие модельных от наблюдаемых.

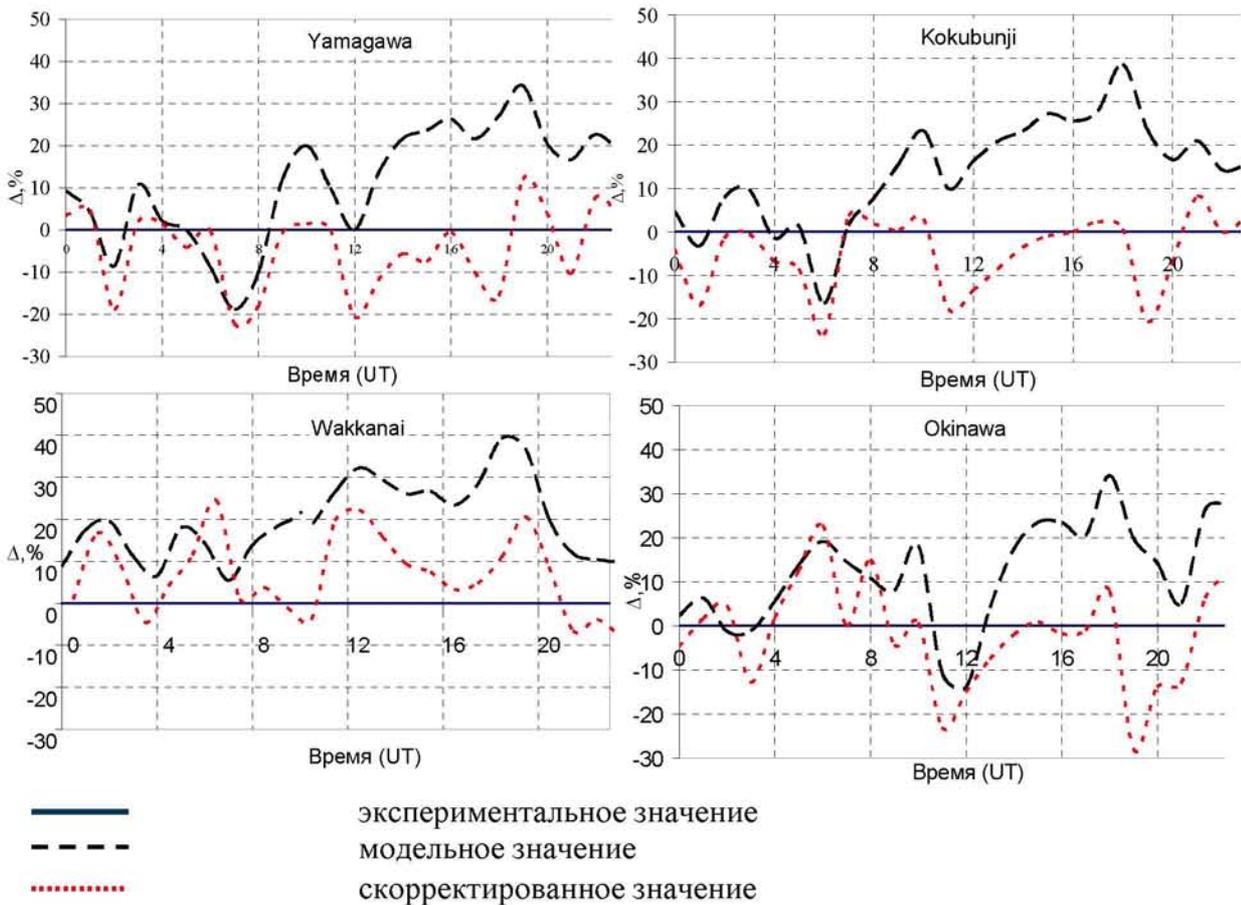


Рисунок 1 – Суточное отклонение модельных и скорректированных значений foF2 от экспериментальных

Рассмотренная реализация метода кригинга для коррекции модели IRI-2001 проводилась по данным наземных ионосферных станций. Значительно интереснее было бы посмотреть коррекцию модели над Мировым океаном или над районами вблизи полюсов Земли, то есть над теми регионами, где отличия модели от реальных значений особенно существенные.

Такую задачу можно решить на основе спутникового радиозондирования ионосферы. В настоящее время хорошо известно, что определение параметров в максимуме ионосферы для наземного и спутникового радиозондирования полностью идентично. Поэтому над Мировым океаном целесообразно использовать данные радиозондирования с ИСЗ. Для этого будем использовать результаты последнего отечественного космического эксперимента по радиозондированию ионосферы с борта космической станции МИР. Станция практически

все время летала вблизи максимума ионосферы, поэтому определение параметров в максимуме ионосферы на ней было особенно точным.

Для проведения коррекции по совместным данным использовались данные критических частот f_oF2 , полученные 31 марта 1999 года, время 09.40 – 09.55 UT, как от наземных ионозондов, так и данные ионозонда, размещенного на борту КС МИР (КС МИР 6 кадр) с траекторией полета в районе Дальнего Востока. Обобщенные результаты коррекции представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Обобщенные результаты коррекции

Latitude Geographic	Longitude Geographic	Station	f_oF2 , МГц	IRI, МГц	$f_oF2_{корр}$, МГц	$f_oF2_{корр}$ (%)	IRI (%)
60°N	151°E	Магадан	7	6,6	6,8	-2,9%	-6,1%
					6,9	-1,4%	
45.16°N	141.75°E	Wakkanai	6,6	7,9	7,3	9,6%	16,5%
					7,1	7,0%	
35.71°N	139.49°E	Kokubunji	7,3	9,3	8,2	11,0%	21,5%
					8,3	12,0%	
31.20°N	130.62°E	Yamagawa	9,6	10,8	10,4	7,7%	11,1%
					8,9	-7,9%	
50.25°N	155.16°E	КС МИР 6 кадр	7,1	6,9	6,9	-2,9%	-2,9%
47.45°N	166.62°E	КС МИР 9 кадр	7,3	6,5	6,9	-5,8%	-12,3%
46.57°N	169.26°E	КС МИР 10 кадр	7,2	6,4	6,8	-5,9%	-12,5%
45.62°N	171.82°E	КС МИР 11 кадр	7,2	6,4	6,6	-9,1%	-12,5%

В столбцах таблицы Latitude Geographic, Longitude Geographic показаны географические координаты расположения станции, Station – название ионосферной станции, f_oF2 , МГц – критическая частота, зафиксированная на станции, IRI, МГц – значение критической частоты, полученное из некорректированной модели, $f_oF2_{корр}$, МГц – значение критической частоты скорректированной модели при проведении коррекции без учета значения в данной станции, $f_oF2_{корр}$ (%) – отклонение этого значения от экспериментального, IRI(%) – отклонение чистой модели IRI–2001 от экспериментальной критической частоты, относительно последней.

В первых строках таблицы, относящихся к каждой станции, представлены результаты коррекции только по данным наземных ионозондов. Во вторых строках – результаты коррекции как по данным бортового ионозонда, так и по данным наземных станций.

На рисунке 2 представлен район проведения коррекции и полученные значения критических частот f_oF2 .

Результаты коррекции положительны – во всех случаях наблюдалось приближение расчетной критической частоты к реальным значениям. В среднем до коррекции отклонение модели от эксперимента составляло величину 14,7% относительно реального значения, после проведения коррекции эта величина уменьшилась до 7,8%. Для точек, расположенных по траектории КС МИР, до коррекции среднее отклонение модельных значений относительно экспериментальных – 10%, после – 5,9%.

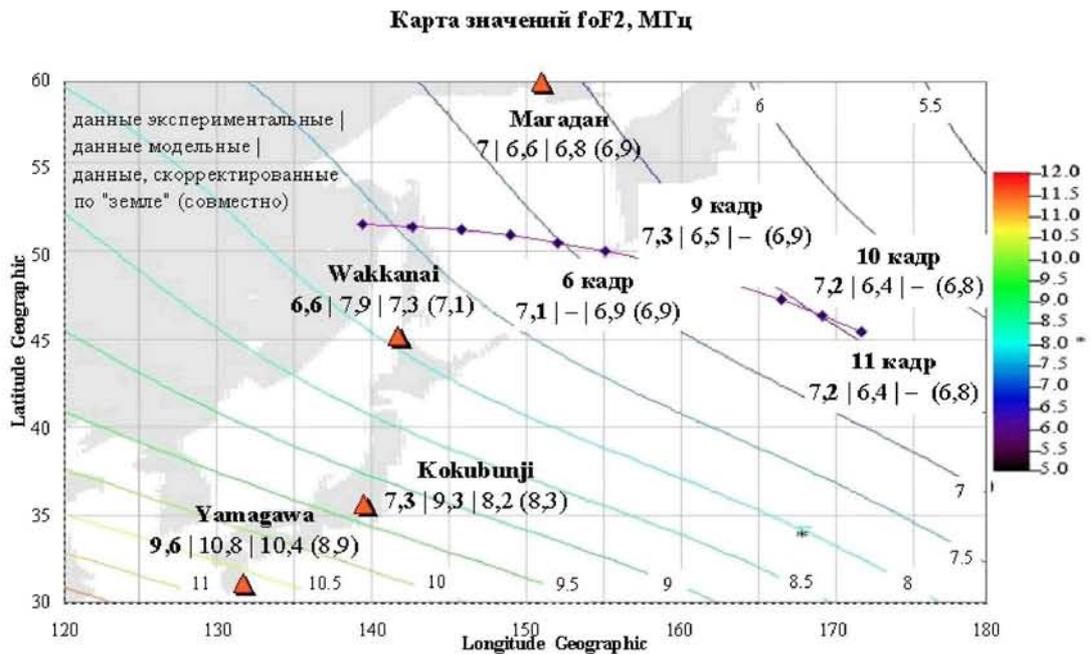


Рисунок 2 – Район проведения коррекции

Следует отметить, что на станциях в Kokubunji и Yamagawa улучшения по сравнению с скорректированной моделью «наземными» данными не наблюдалось. Объяснением этому факту может служить то, что данные станции находятся обособленно и гораздо южнее траектории КС МИР и других станций. Результатом подобного расположения является то, что в районе этой станции основное влияние на коррекцию модели оказывают экспериментальные точки, характеризующие другую, значительно отстоящую область. Очевидно, что в подобных ситуациях добиться хорошей точности скорректированной модели будет сложно и следует при использовании метода располагать область, из которой берутся экспериментальные значения, таким образом, чтобы искомая точка находилась приблизительно в центре карты расположения используемых для коррекции ионосферных станций.

В ходе эксперимента и по результатам коррекции для рассматриваемого района, построены карты критических частот, представленные на рисунке 3, где а – «модельная» карта критических частот, б – «скорректированная» (31 марта 1999 в 09:45 UT).

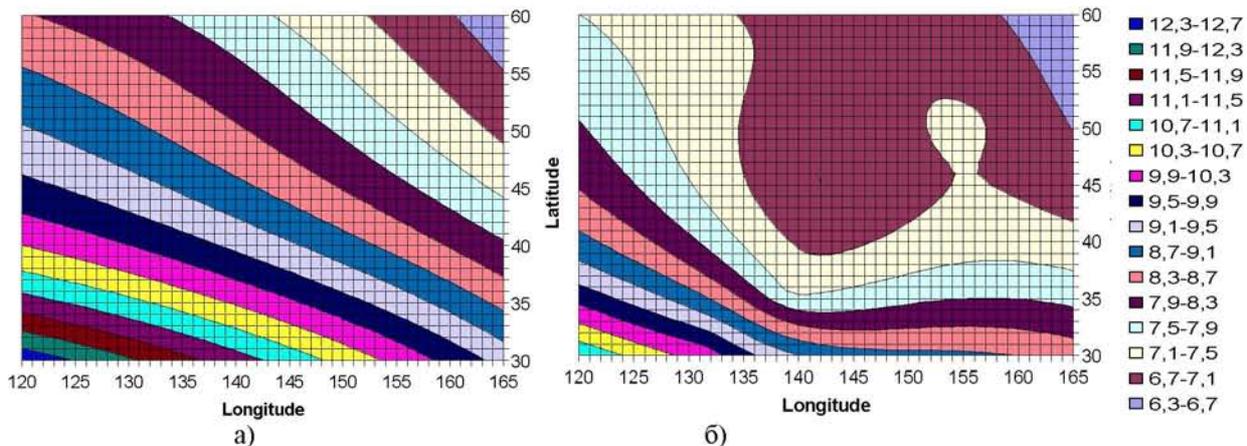


Рисунок 3 – Карты критических частот

На рисунке 3(б) заметно образование некоторой неоднородности, внутри которой критическая частота значительно превышает модельную.

Такие отличия модельных и скорректированных данных характерны только для неспокойного состояния ионосферы – состояния, в которых электронная концентрация

намного превышает или же ниже, чем фоновые (модельные) значения. Не исключено, что образованная неоднородность – результат «человеческой работы», влияние человека на ионосферу в районе проведения исследований. Такие неоднородности особенно опасны для организации ДКМ радиосвязи, если они происходят при спокойном состоянии магнитного поля, в этом случае они не могут быть заранее спрогнозированы. Если точка скачка радиотрассы попадет в такую неоднородность, радиосвязь будет практически или полностью прервана, это еще раз подтверждает, что использование только модельных значений критической частоты нецелесообразно.

Таким образом, в ходе проведенных исследований по адаптации модели IRI предложена детальная схема расчета параметров радиосвязи на основе корректировки ионосферной модели данными ионосферного мониторинга. По итогам эксперимента получены положительные результаты: при использовании совместных данных наземного и спутникового радиозондирования в половине случаев скорректированные значения f_oF_2 еще более приблизились к экспериментальным. По результатам адаптации модели IRI создана карта критической частоты слоя F2. Из неё следует, что над водной поверхностью (океанами, морями) наблюдаются значительные отличия реальных величин от модельных значений. С учетом данных обстоятельств сравнение модельных и реальных значений f_oF_2 по спутниковым измерениям в указанных районах и временных интервалах имеет особое значение. Проверка показала возможность коррекции модели, но только в условиях невозмущенной ионосферы. Эти обстоятельства позволяют проводить расчет параметров радиосвязи в широком диапазоне географических координат, а также выполнять расчеты, необходимые для установления успешной радиосвязи в оперативном режиме.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Данилкин Н.П., Сивоконев Г.Н. Оптимальный ионосферный радиопрогноз. – «Электросвязь», 2004. – № 3.
2. Samardjiev T., Bradley P.A., Dick M.I. Cander Ionospheric mapping by computer contouring techniques. – «Electronics Lett Vol.29», 1993. – № 20.
3. Электронный ресурс. – URL: <http://www.ngdc.noaa.gov/wdc/>.
4. Электронный ресурс. – URL: <http://www.ukssdc.ac.uk/wdcd1/ionosondes/world.html>.
5. Данилкин Н.П., Котонаева Н.Г., Азизбаев М.Р. Коррекция ионосферных моделей. – «Электросвязь», 2007. – № 7.

Комиссаров Алексей Владимирович
Воинская часть 2567, г. Голицыно
Старший преподаватель кафедры
E-mail: komissarco@yandex.ru

A. V. KOMISSAROV (*The senior teacher*)
Military unit 2567, Golitsyno

REALIZATION OF KRIGING METHOD FOR CORRECTION OF BOUNDARY FREQUENCY HIGH-FREQUENCY WAVES OF RADIO LINES

Efficiency of correction IRI ionospheric model according to ground-based ionosondes and satellite radiosounding (on an example of Mir man space station) is considered. Being based on the received experimental data, the corrected critical frequencies maps of model IRI which have allowed to reveal the ionospheric disturbance fixed in area of carrying out of radio sounding have been received.

Keywords: *correction ionospheric model; the corrected critical frequencies maps.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Danilkin N.P., Sivikonev G.N. Optimal'ny'j ionosferny'j radioprognoz. – «E'lektrosvyaz'», 2004. – № 3.
2. Samardjiev T., Bradley P.A., Dick M.I. Cander Ionospheric mapping by computer contouring techniques. – «Electronics Lett Vol.29», 1993. – № 20.
3. E'lektronny'j resurs. – URL: <http://www.ngdc.noaa.gov/wdc/>.
4. E'lektronny'j resurs. – URL: <http://www.ukssdc.ac.uk/wdcd1/ionosondes/world.html>.
5. Danilkin N.P., Kotonaveva N.G., Azizbaev M.P. Korrekciya ionosferny'x modelej. – «E'lektrosvyaz'», 2007. – № 7.

УДК 004.7, 004.272.44

С.А. ЛАЗАРЕВ

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ СОЗДАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ АССОЦИАЦИЙ В ГЛОБАЛЬНЫХ СЕТЯХ НА ОСНОВЕ ПОСТРОЕНИЯ СЕТИ КОРПОРАТИВНЫХ ПОРТАЛОВ

В данной статье рассмотрены концептуальные и мотивационные аспекты создания информационных ассоциаций в глобальных сетях на основе системы управления информационным обменом в сети корпоративных порталов. Данный подход базируется на применении соответствующей методики и инструментальных средств интеграции информационных ресурсов в единую закрытую информационную сеть через публичные каналы Интернет.

Ключевые слова: *информационные ассоциации; информационный обмен; сеть порталов; корпоративный портал.*

Актуальной задачей в ближайшей перспективе является проблема целевой комплексной интеграции распределенных информационных ресурсов, обусловленная взаимодействием компаний в рамках одной отрасли, проблема создания некоммерческих партнерств и профессиональных ассоциаций, а также проблемы в сфере создания провайдеров оказания электронных услуг.

Один из возможных подходов в решении данной задачи базируется не на создании мега-порталов, объединяющих и дублирующих информационные массивы организаций и требующих значительных ресурсов для функционирования и актуализации информации. Предполагается создание сети порталов, интегрирующей распределенные информационные ресурсы организаций, классифицирующей их, управляющей поиском и доступом к ним в рамках сети посредством центра управления. При этом появляется возможность поддержки и управления информационным обменом и взаимодействием центральных систем управления сети с корпоративными системами управления организаций через закрытые разделы публичных порталов.

В то же время порталы организаций имеют различную структуру и реализованы на разных аппаратно-программных платформах с помощью различных (иногда несовместимых) технологий. Унификация схемы представления, хранения информации и системы доступа к ней в различных организациях и предприятиях является крайне трудоемким и дорогостоящим способом решения проблемы. Это обуславливает актуальность темы исследования и определяет необходимость построения системы управления информационным обменом сети корпоративных порталов.

Существующие решения различных производителей ориентированы на внутрикорпоративную интеграцию, соответствие внутренней политике безопасности и используемым внутри корпоративной сети технологиям, что затрудняет объединение в единую информационную сеть и может приводить к несовместимости различных корпоративных решений. Одни решения реализованы на основе проприетарного программного обеспечения, решение же задачи построения системы управления сетью корпоративных порталов основано на платформе свободно распространяемого программного обеспечения [1]. В связи с этим появляется потребность в создании методологии и инструментария управления информационным обменом, которые позволят решать ряд новых задач, связанных с межсетевым информационным взаимодействием корпоративных учреждений через публичные порталы и каналы связи, независимо от технологий разработки порталов и аппаратных решений различных производителей.

Как уже отмечалось выше, разработка методики управления информационным обменом в сети порталов обусловлена необходимостью решения новой задачи формирования информационных ассоциаций на основе горизонтальной интеграции информационных ресурсов участников посредством корпоративных порталов. Среди основных побудительных причин формирования информационных ассоциаций можно выделить следующие (рис. 1):

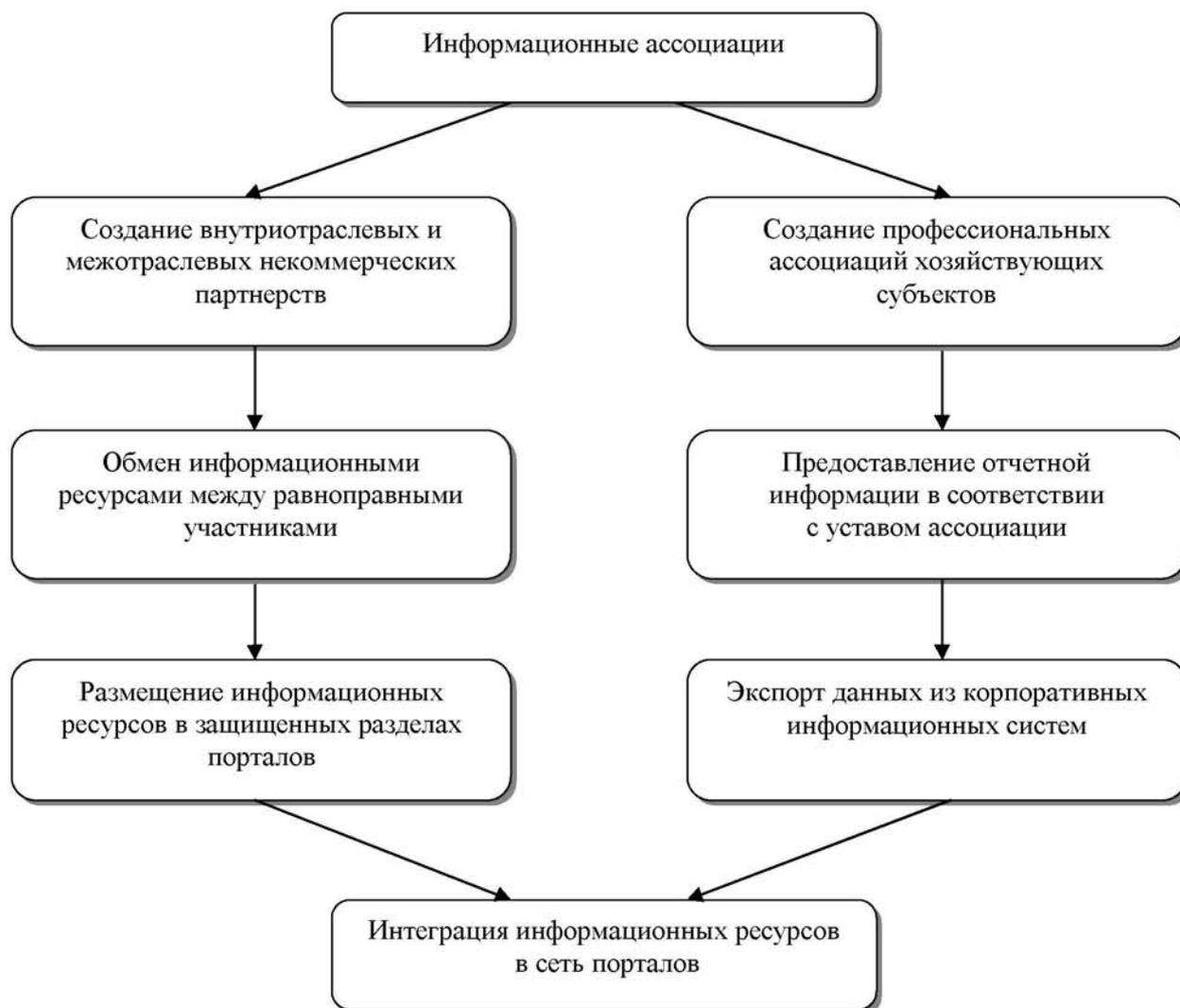


Рисунок 1 – Формирование информационных ассоциаций

Во-первых, необходимость предоставления контролируемого доступа к имеющимся информационным массивам с целью обмена опытом и знаниями. Одновременно с этим также может возникнуть потребность в получении доступа к информационным массивам других смежных (дружественных) компаний. Решение данной задачи самостоятельно каждой компанией возможно, но оно только усложняет процесс информационного обмена за счет создания различных схем и правил авторизованного доступа. Взаимодействие же смежных компаний на основе создания виртуальной сети посредством корпоративных порталов позволит упростить и унифицировать схему управления доступом, а также избавит компании от необходимости дублирования и экспорта данных в мега-порталы и согласования информационных структур своих порталов.

Другим побудительным фактором создания информационных ассоциаций может служить формирование в рамках правового поля саморегулируемых профессиональных объединений. Членство в данных объединениях предполагает наличие определенных требований и соблюдения их участниками. Соответствие же установленным требованиям должно постоянно контролироваться, что подразумевает перманентное предоставление отчетной информации координирующему органу и другим участникам. В рамках этой задачи также возможно создание сети порталов, а порталы участников будут механизмом предоставления и обмена информацией с возможностью прямого экспорта необходимых данных из внутренней корпоративной информационной системы в закрытые разделы порталов, которые уже интегрированы в общую сеть. В-третьих, побудительными

причинами формирования информационных ассоциаций на базе сети порталов могут выступать одновременно две предыдущие причины, но с разной долей значимости.

Экономическая выгода от создания сети корпоративных порталов будет заключаться в возможности получения дохода от предоставления доступа к информации, имеющей интеллектуальную ценность, целевой аудитории и в получении доступа к другим, ранее не доступным ресурсам по принципу взаимного обмена. Применительно к профессиональным объединениям экономическая выгода будет заключаться в упрощении схемы предоставления отчетности, получения информации и обмена ею между участниками. Корпоративный портал будет одновременно выполнять функции публичного представления компании и решать задачи предоставления авторизованного доступа к закрытой информации для заинтересованных участников бизнес-окружения в рамках единой системы управления информационным обменом.

Методика управления информационным обменом должна однозначно представлять и определять структуру объекта управления и множество состояний, описывать последовательности действий при решении основных задач системы.

Построение сети корпоративных порталов на основе системы управления информационным обменом можно рассматривать как бизнес-процесс, имеющий своих участников, последовательность действий и функционирующую сеть порталов. Для любого процесса всегда крайне важно четко и однозначно определять внешнее окружение и участников (субъектов) процесса [2].

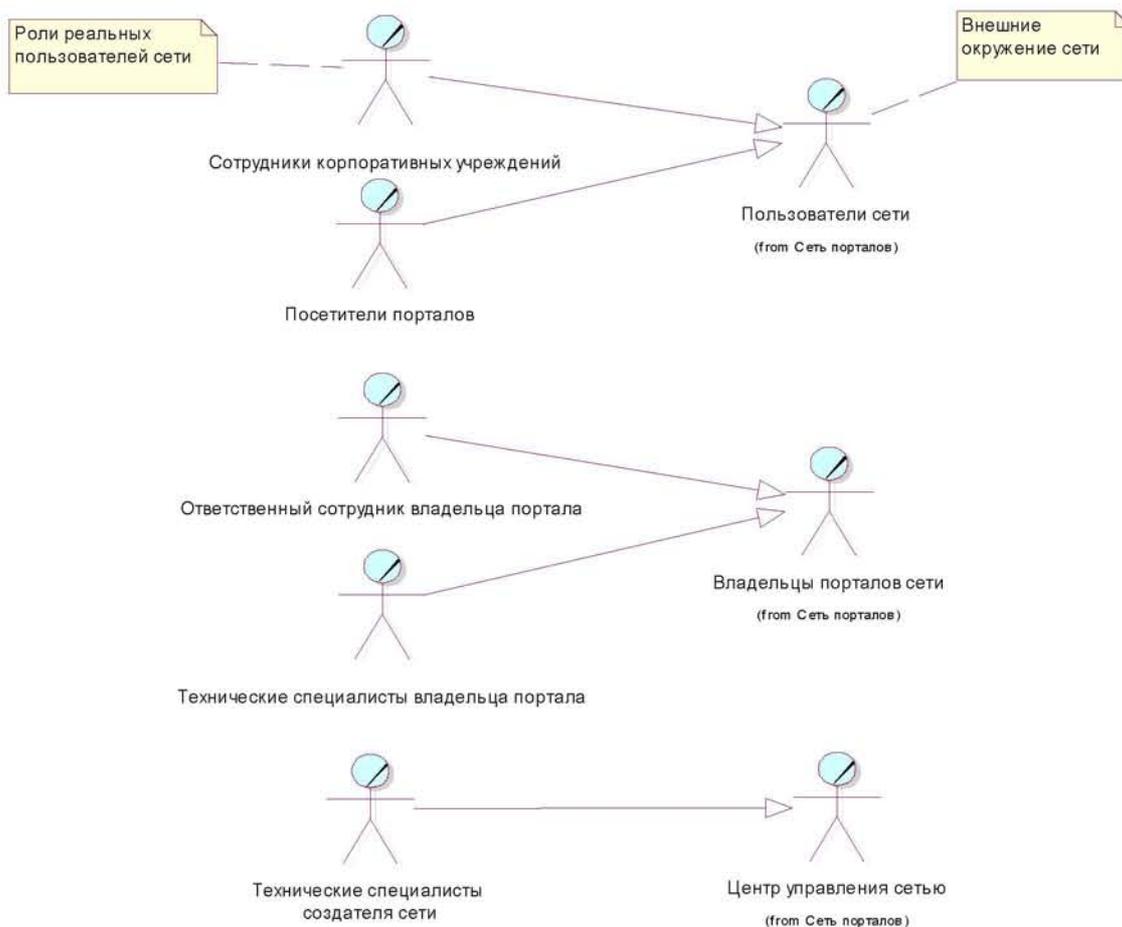


Рисунок 2 – Роли внешних субъектов сети корпоративных порталов

В качестве ключевых участников данного процесса во внешнем бизнес-окружении системы выделены следующие (рис. 2):

1) Владельцы порталов сети. К их задачам относятся: формирование структуры портала данного узла сети (сервера доступа), управление учетными записями данной доменной группы пользователей, осуществление контроля за функционированием узла системы доступа и обращениями к связанным порталам, управление доступом к ресурсам портала.

2) Центр управления сетью. К его основным задачам относятся: управление доменными группами, делегирование полномочий администратора домена, управление доступом между доменными группами, контроль за функционированием сети в целом и репликацией данных.

3) Пользователи сети. Они решают задачи получения доступа к открытым разделам порталов и авторизованного доступа к закрытым разделам.

В заключении следует отметить, что рассмотрены мотивационные и организационные аспекты создания информационных ассоциаций в глобальных сетях на основе системы управления информационным обменом в сети корпоративных порталов. Данный подход базируется на применении соответствующей методики и инструментальных средств интеграции информационных ресурсов в единую закрытую информационную сеть через публичные каналы Интернет. Отличительной особенностью данного направления исследования является разработка нового подхода к построению распределенной приватной сети корпоративных порталов на основе разрабатываемого программно-технического комплекса, обеспечивающего эффективное управление информационным обменом в ней через публичные каналы при обеспечении независимости от аппаратно-программной платформы построения и функционирования порталов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лазарев С.А., Демидов А.В. Концепция построения системы управления информационным обменом сети корпоративных порталов // Информационные системы и технологии. – Орел: ОрелГТУ, 2010. – № 4(60) июль-август. – С. 123-129.
2. Буч Г. Объектно-ориентированный анализ и проектирование с примерами приложений. 3 изд. / Г. Буч, Р.А. Максимчук, М.У. Энгл, Б.Дж. Янг, Д. Коналлен, К.А. Хьюстон. – М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2008. – 720 с.

Лазарев Сергей Александрович

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

Кандидат экономических наук, начальник технического отдела

Тел.: 8 (4862) 59-46-19

E-mail: lsa@ostu.ru

S.A. LAZAREV (*Candidate of Economic Sciences, Head of Technical Department*)

State University – ESPC, Orel

SOME ASPECTS OF THE INFORMATION ASSOCIATIONS CREATION IN THE GLOBAL NETWORKS BASED ON A NETWORK OF CORPORATE PORTALS

This article examines the conceptual and motivational aspects of the Information associations creation in the global networks based on information exchange control system for the network of corporate portals. This approach is based on the application of appropriate techniques and tools integrating information resources into a single closed information network through the public Internet channels.

Keywords: *information association; information exchange; network portals; corporate portal.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Lazarev S.A., Demidov A.V. *Konceptsiya postroeniya sistemy' upravleniya informacionny'm obmenom seti korporativny'x portalov // Informacionny'e sistemy' i texnologii.* – Oryol: OryolGTU, 2010. – № 4(60) iyul'-avgust. – S. 123-129.
2. Buch G. *Ob'`ektno-orientirovanny'j analiz I proektirovanie s primerami prilozhenij.* 3-e izd. / G. Buch, R.A. Maksimchuk, M.U. E'ngl, B.Dzh. Yang, D. Konallen, K.A. X'yuston. – M.: ООО «И.Д. Вильямс», 2008. – 720 с.

ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ

УДК 004.056.55

Н.И. КОРСУНОВ, А.И. ТИТОВ

МОДИФИЦИРОВАННЫЙ БЛОЧНО-ИТЕРАЦИОННЫЙ МЕТОД ШИФРОВАНИЯ И ДЕШИФРОВАНИЯ ДАННЫХ

В статье предложен блочно-итерационный метод шифрования, позволяющий решить проблему соответствия блоков открытого и зашифрованного текста. Приведен пример шифрования файла с использованием четырехкратной итерации. На примере рассмотрена ситуация возникновения прямого соответствия и устранение этого недостатка.

Ключевые слова: блочное кодирование; итерация; соответствие блоков; построение маски шифрования.

В данном труде продемонстрирована работа блочно-итерационного алгоритма шифрования и дешифрования данных, основанного на модификации полиалфавитного шифра, и возможности применение его к любому типу данных.

Ученые, занимающиеся криптографией, считают, что механизм шифрования – это несекретная величина, и злоумышленник может иметь полный исходный код алгоритма шифрования, а также зашифрованный текст (правило Керкхоффа). Есть еще одно допущение – злоумышленник может знать часть незашифрованного (открытого) текста.

Основной задачей злоумышленника является получение открытого ключа шифрования для возможности вскрытия и фальсификации конфиденциальной информации.

К.Э. Шеннон опубликовал статью «Теория связи в секретных системах» в 1949 году. Он рассматривал стойкость криптографических систем как практическую и теоретическую. Вывод по теоретической стойкости до сих пор остается пессимистическим: длина ключа должна быть равна длине открытого текста. Поэтому Шеннон также рассмотрел вопрос и по практической стойкости криптографических систем. Надежна ли система, если злоумышленник обладает ограниченным временем и вычислительными ресурсами для анализа перехваченных сообщений?

Блочные алгоритмы шифрования применяются наиболее часто по сравнению с другими алгоритмами [1]. Блочный шифр выполняет операции над блоками – порциями данных фиксированного размера. Обычно размер блока составляет 64 бита (8 байт) или 128 бит (16 байт), но также возможно использование других значений.

Величина блока шифрования не всегда кратна размеру блока, отсюда возникает проблема дополнения, имеющая несколько решений [1]. Например, в незашифрованном виде передавать размер полезной части зашифрованных данных и после расшифровки лишние байты просто отбрасываются.

При разделении данных на блоки по восемь байт в последнем блоке остается три последних полезных байта, которые дополняются до восьми произвольными данными. При этом в последний байт дополненного блока заносится информация о количестве дополненных байтов.

Тогда, получив и расшифровав все блоки, необходимо отбросить с конца столько байт, сколько указано в последнем байте последнего блока. Если исходное сообщение имело длину, кратную размеру блока, то возникает некоторая сложность, так как требуется добавить 0 байт, последний байт должен содержать число байт дополнения. Для разрешения этой проблемы при шифровании добавляется новый блок, последний байт которого содержит размер блока. Дополнительный блок будет целиком отброшен при дешифровании.

Проблемами данного метода является введение избыточности, которая не усиливает шифр, а просто является вспомогательной для создания условий к шифрованию. Возможность точного выявления длины ключа, нахождение общего делителя при анализе нескольких зашифрованных сообщений упрощает дальнейший криптоанализ.

Для устранения отмеченных недостатков предлагается метод уменьшения размера блока до максимального возможного множителя, для произвольной длины сообщения. Следовательно, из условия максимально возможного множителя необходимо оперировать блоками данных по восемь бит.

Блочные шифры бывают двух основных видов [2]:

- шифры перестановки (transposition, permutation, P-блоки);
- шифры замены (подстановки, substitution, S-блоки).

Шифры перестановок переставляют элементы открытых данных (биты, буквы, символы) в некотором новом порядке. Различают шифры горизонтальной, вертикальной, двойной перестановки, решетки, лабиринты, лозунговые и другие.

Шифры замены заменяют элементы открытых данных на другие элементы по определенному правилу. Различают шифры простой, сложной, парной замены, буквенно-слоговое шифрование и шифры колонной замены. При этом шифры замены делятся на две группы:

- моноалфавитные (код Цезаря) [2];
- полиалфавитные (шифр Видженера, цилиндр Джефферсона, диск Уэтстоуна, Enigma) [3].

В моноалфавитных шифрах замены буква исходного текста заменяется на другую, заранее определенную букву. Например, в коде Цезаря буква заменяется на букву, стоящую от нее в латинском алфавите на расстоянии нескольких позиций. Очевидно, что такой шифр взламывается совсем просто. Нужно подсчитать, как часто встречаются буквы в зашифрованном тексте и сопоставить результат с известной для каждого языка частотой встречаемости букв.

В полиалфавитных подстановках для замены некоторого символа исходного сообщения в каждом случае его появления последовательно используются различные символы из некоторого набора. Этот набор не бесконечен, через некоторое количество символов он используется повторно. В этом проявляется слабость полиалфавитных шифров.

Существует два метода блочного шифрования: с обратной связью и без обратной связи [1]:

- Шифрование с обратной связью (ОС) организуется следующим образом: предыдущий зашифрованный блок складывается по модулю 2 с текущим блоком. В качестве первого блока в цепи ОС используется инициализирующее значение. Ошибка в одном бите влияет на следующие за ним блоки.

Отметим, что использование метода с обратной связью невозможно при возникновении шума в канале связи, так как изменение одного бита в зашифрованном сообщении приводит к ошибке дешифрования всего сообщения; в заданной ситуации необходимо запрашивать всё сообщение повторно, что ведёт к временным затратам и занятости канала связи.

- Более перспективен метод без обратной связи и его модификации. Без обратной связи. Несколько битов (блок) исходного текста шифруются одновременно, каждый бит исходного текста влияет на каждый бит шифртекста. Однако взаимного влияния блоков нет, следовательно, два одинаковых блока исходного текста будут представлены одинаковым шифртекстом. Поэтому подобные алгоритмы можно использовать только для шифрования случайной последовательности битов.

Отсюда можно сделать вывод, что системы с обратной связью вследствие отмеченных недостатков нецелесообразно использовать в реальных каналах связи [4].

Из рассмотрения метода без ОС при величине блока восемь бит следует соответствие его шифру Виженера [2] при введении алфавита размерностью $n=256$. При уменьшении размера блока появляется возможность более быстрого сбора статистической информации для методов частотного анализа. Забегая вперёд, стоит заметить, что конечным продуктом

метода частотного анализа в данном случае будет являться возможная маска шифрования для данного файла, а не открытый ключ шифрования. Алфавитом, предложенным в таблице 1, можно шифровать любые файлы независимо от типа и размерности. Первая строка таблицы является прямым алфавитом, все последующие строки сдвинуты на один элемент.

Таблица 1 – Таблица Виженера для шифрования любого файла

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	.....	253	254	255
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	.....	253	254	255	0
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	.....	253	254	255	0	1
3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	.....	253	254	255	0	1	2
4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	.....	253	254	255	0	1	2	3
5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	.....	253	254	255	0	1	2	3	4
6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	.....	253	254	255	0	1	2	3	4	5
7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	.....	253	254	255	0	1	2	3	4	5	6
.....
.....
254	255	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	.....	253
255	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	.....	253	254

Алгоритмы шифрования и дешифрования имеют следующий вид.

Для шифрования задают два параметра: *i* – один байт шифруемого файла, *j* – один байт ключа шифрования. Результатом шифрования является один байт зашифрованного файла. Выражения, используемые для шифрования, выведены аналитически из таблицы 1. По этой таблице легко проверить, что эти выражения справедливы для всех наборов значений байта.

```
crypt(i,j:byte):byte;
begin
  if j<(256-i) then
    crypt:=i+j
  else
    crypt:=j-(256-i)
end;
```

Дешифрование работает аналогично шифрованию – вычисляется байт открытого файла.

```
decrypt(i,x:byte):byte;
begin
  if x>(i-1) then
    decrypt:=x-i
  else
    decrypt:=x+(256-i)
end;
```

Входные данные: байт ключа, байт зашифрованного файла.

Выходные данные: байт открытого сообщения.

Естественно, этот подход не решает проблемы соответствия блоков открытого и зашифрованного сообщения (табл. 2):

Таблица 2

Ключ	1	21	31	41	51	61	31	1	21	31	41	51	61
Открытый файл	121	145	0	18	35	43	0	0	9	15	5	6	3
Зашифрованный файл	122	166	31	59	86	104	31	1	30	46	46	56	64

Здесь ярко выражена проблема соответствия зашифрованного и открытого файла [5].

Для устранения этого предлагается использовать многократный итерационный метод при шифровании и дешифровании. Для увеличения криптостойкости ключ шифрования смещается на втором и последующих шагах итерации. Смещение вычисляется по остатку ключа с предыдущей итерации.

Прямолинейный процесс шифрования-дешифрования представляется следующей последовательностью шагов. Первый шаг соответствует таблице 2, вводятся новые шаги, приведенные в таблицах 3-5. Во введенном шаге шифрования в качестве открытого файла используется шифрованный файл с предыдущего шага, происходит смещение ключа шифрования на длину остатка на предыдущем шаге.

Таблица 3 – Второй шаг шифрования

Ключ	31	1	21	31	41	51	61	31	1	21	31	41	51
Шифрованный файл 1 шага	122	166	31	59	86	104	31	1	30	46	46	56	64
Шифрованный файл	153	167	52	90	127	155	92	32	31	67	77	97	115

Таблица 4 – Третий шаг шифрования

Ключ	61	31	1	21	31	41	51	61	31	1	21	31	41
Шифрованный файл 2 шага	153	167	52	90	127	155	92	32	31	67	77	97	115
Шифрованный файл	214	198	53	111	158	196	143	93	62	68	98	128	156

Таблица 5 – Четвертый шаг шифрования

Ключ	51	61	31	1	21	31	41	51	61	31	1	21	31
Шифрованный файл 3 шага	214	198	53	111	158	196	143	93	62	68	98	128	156
Шифрованный файл	9	3	82	112	179	227	184	144	123	99	99	149	187

После четвертого шага шифрования сравним открытый и шифрованный файл (табл. 6). Сравнивая итеративный подход (табл.6) с однократным шифрованием (табл. 2), видно, что соответствие между битами открытого и шифрованного файла в итеративном подходе устранено, не прибегая к ОС.

Таблица 6

Ключ	1	21	31	41	51	61	31	1	21	31	41	51	61
Открытый файл	121	145	0	18	35	43	0	0	9	15	5	6	3
Шифрованный файл	9	3	82	112	179	227	184	144	123	99	99	149	187

Стоит заметить, что при сравнительно коротком ключе в семь байт мы получаем стойкий шифр, к методу протяжки известных слов и частотному анализу.

Для N-итерационного шифрования необходимо проходить исходный файл N раз. При прямолинейном подходе это действительно так, но при этом теряется возможность использования данного алгоритма для блочного шифрования. Обобщим метод на блочное шифрование. Блочные криптосистемы разбивают текст сообщения на отдельные блоки и затем осуществляют преобразование этих блоков с использованием ключа.

Для организации блочного шифра заменим многократный проход исходного файла на шифрование блоками по одному байту независимо от остальных байт в файле.

При этом каждый блок будем шифровать в несколько проходов с использованием различных байт ключа, позиции которых вычисляются.

Для получения выражений, используемых при вычислениях, принимаем первоначальное смещение, равное нулю, что соответствует первому шагу шифрования, отображенному на рисунке 1. Используя остаток ключа, вычисляем начальное смещение для второго шага шифрования.

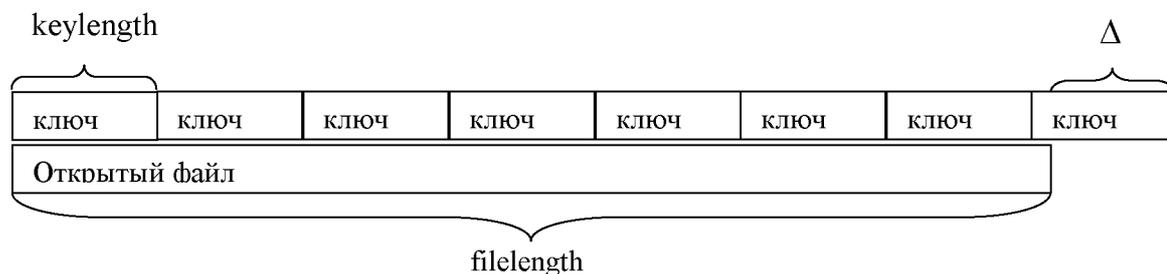


Рисунок 1 – Вычисление смещения для второго шага шифрования

где filelength – количество байт в открытом файле;

keylength – количество байт в ключе шифрования; Δ – величина смещения ключа на втором шаге итерации.

Из приведенных обозначений следует, что:

$$\Delta = \text{filelength} \bmod \text{keylength}$$

Мы видим, что остаток ключа, переходящий на следующую итерацию, отождествляет смещение ключа шифрования.

Вычисления смещения на любом шаге приведено на рисунке 2.

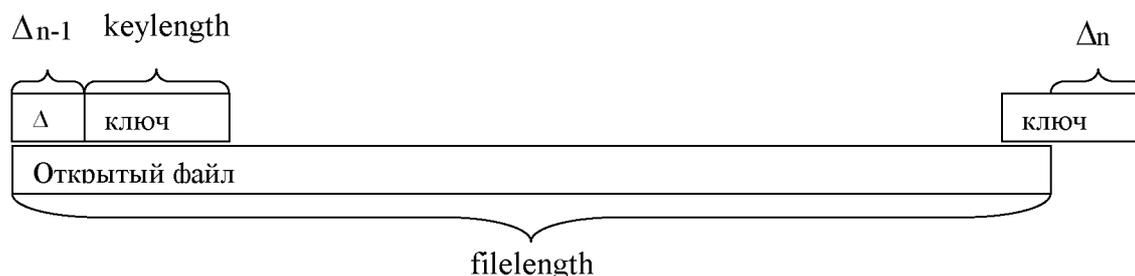


Рисунок 2 – Вычисление смещения для следующих за вторым шагом шифрования

$$\Delta_n = (\text{filelength} - (\text{keylength} - \Delta_{n-1})) \bmod \text{keylength} ,$$

где Δ_n – вычисляемая величина смещения ключа на шаге n; Δ_{n-1} – величина смещения ключа на предыдущем шаге(n-1).

Из вышесказанного следует, что длина ключа есть величина неопределённая $\text{filelength} \bmod \text{keylength} = 0$.

Чтобы вторая и последующие итерации не проходили впустую, необходимо смещать ключ на n байт. Число n – величина, задаваемая в момент настройки криптосистемы.

Необходимо зашифровать открытый файл

Открытый файл	121	145	0	18	35	43	0	0	9	15	5	6	3
---------------	-----	-----	---	----	----	----	---	---	---	----	---	---	---

при помощи ключа

Номер байта	1	2	3	4	5	6	7
Ключ	1	21	31	41	51	61	31

количество итераций – 4

Filelength = 13

Keylength = 7

$$\Delta_1 = (13 \bmod 7);$$

$$\Delta_1 = 6;$$

$$\Delta_2 = (13 - (7 - 6)) \bmod 7$$

$$\Delta_2 = 5;$$

$$\Delta_3 = (13 - (7 - 5)) \bmod 7$$

$$\Delta_3 = 4;$$

Значения смещений вычисляются однократно и используются при шифровании всего файла.

Номер байта открытого файла $N=0$;

Байт открытого файла	121	Номер байта ключа Nb	Значение ключа
Итерация 1	122	$(N \bmod \text{Keylength}) + 1 = 1$	1
Итерация 2	153	$(1+6) = 7$	31
Итерация 3	214	$(1+5) = 6$	61
Итерация 4	9	$(1+4) = 5$	51
Шифрованный байт	9		

$N=1$.

При вычислении номера байта ключа на каждом из шагов итерации будем пользоваться правилом

$$\text{If } ((N_b + \Delta_i) > \text{Keylength}) \text{ then } N_{bi} = (N_b + \Delta_i) \bmod \text{Keylength} \\ \text{else } N_{bi} = (N_b + \Delta_i);$$

Байт открытого файла	145	Номер байта ключа Nb	Значение ключа
Итерация 1	145	2	21
Итерация 2	166	$(2+6) \bmod \text{Keylength} = 1$	1
Итерация 3	167	$2+5 = 7$	31
Итерация 4	198	$2+4 = 6$	61
Шифрованный байт	198		

$N=2$;

Байт открытого файла	0	Номер байта ключа Nb	Значение ключа
Итерация 1	31	3	31
Итерация 2	52	$(3+6) \bmod \text{Keylength} = 2$	21
Итерация 3	53	$(3+5) \bmod \text{Keylength} = 1$	1
Итерация 4	82	$3+4 = 7$	31
Шифрованный байт	82		

Таким образом, предложенный алгоритм, основанный на варьировании количества итерации со смещением ключа, позволяет более надежно защищать данные, не прибегая к обратной связи (в отличие от известных блочных алгоритмов).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bruce Schneier. «Applied Cryptography» // Second Edition: Protocols, Algorithms, and Source Code in C (cloth), Publication Date: 01/01/96.
2. Криптография и алгоритмы шифрования. – [Электронный ресурс]. – URL: <http://vse-shifri.ru/>.

3. Панасенко С.П. «Алгоритмы шифрования». Специальный справочник. – СПб.: БХВ-Петербург, 2009. – 576 с.: ил.
4. Игнат'ев В.А. «Информационная безопасность современного коммерческого предприятия». – Старый Оскол: ООО «ТНТ» (тонкие научные технологии), 2005. – 448 с.
5. Thomas W. Cusick, Pantelimon Stanica. «Cryptographic Boolean Functions and Applications» // Academic Press is an imprint of Elsevier 525 B Street, Suite 1900, San Diego, CA 92101-4495, USA Linacre House, Jordan Hill, Oxford OX2 8DP, UK. First edition 2009.

Корсунов Николай Иванович

Белгородский государственный университет, г. Белгород

Доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Математическое программное обеспечение информационных систем»

Тел.: 8 (4722) 30-13-51

E-mail: korsunov@intbel.ru

Титов Алексей Иванович

Белгородский государственный университет, г. Белгород

Аспирант

Тел.: 8 908 785 39 28

E-mail: titov@programist.ru

N.I. KORSUNOV (*Doctor of Engineering Sciences, Professor, department
«Mathematical software of information systems»*)

A.I. TITOV (*Post-graduate student*)

Belgorod State University

MODIFIED BLOCK-ITERATIVE METHOD FOR ENCRYPTION AND DECRYPTION

In article the block-iterative method of the enciphering, allowing to solve a problem of conformity of blocks opened and a text in code is offered. The example of enciphering of a file with use by four multiple iteration is resulted. On an example the situation of occurrence of direct conformity and elimination of this lack is considered.

Keywords: *blockcoding; iteration; the conformity blocks; the construction of the mask encryption.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Bruce Schneier. «Applied Cryptography» // Second Edition: Protocols, Algorithms, and Source Code in C (cloth), Publication Date: 01/01/96.
2. Kriptografiya i algoritmy' shifrovaniya. – [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://vse-shifri.ru/>.
3. Panasenko S.P. «Algoritmy' shifrovaniya». Special'ny'j spravochnik. – SPb.: BXV-Peterburg, 2009. – 576 s.: il.
4. Ignat'ev I.A. «Informacionnaya bezopasnost' sovremennogo kommercheskogo predpriyatiya». – Stary'j Oskol: ООО «ТНТ» (тонкие научные технологии), 2005. – 448 с.
5. Thomas W. Cusick, Pantelimon Stanica. «Cryptographic Boolean Functions and Applications» // Academic Press is an imprint of Elsevier 525 B Street, Suite 1900, San Diego, CA 92101-4495, USA Linacre House, Jordan Hill, Oxford OX2 8DP, UK. First edition 2009.

УДК 621.398:651; 62-519:651

А.В. КУЗНЕЦОВ, И.С. КОНСТАНТИНОВ, О.О. БАСОВ

РЕГРЕССИОННАЯ МОДЕЛЬ РАЗНОСТИ СТРУКТУРНЫХ ПРИЗНАКОВ ТЕКСТОВЫХ ДОКУМЕНТОВ

В статье на основе множественного регрессионного анализа предложена модель разности структурных признаков цифровых изображений оригинала и копии текстового документа. Синтезирован алгоритм определения схожести данных документов на основе морфологического анализа их цифровых представлений, полученных путем сканирования.

Ключевые слова: подлинность документов; защита документов; регрессионная модель; сравнение документов.

Одной из актуальных задач современного документооборота можно считать задачу установления схожести (подлинности) бумажного документа при его получении исполнителем для ознакомления с цифровой копией его оригинала, согласованного, подписанного и утвержденного ответственными лицами [1]. Широкое распространение офисных (планшетных) сканеров актуализирует задачу исследования методов установления схожести документов на основе морфологической (структурной) обработки изображений без нанесения специальных идентификационных признаков [2-4,13] и их применения в качестве дополнительных средств защиты бумажных документов от подделки в оперативном документообороте.

Морфологическая обработка отсканированных документов предусматривает описание изображения в виде иерархической структуры более простых компонент (подобразов), извлечение определенных компонент, полезных для представления и описания (рис. 1).

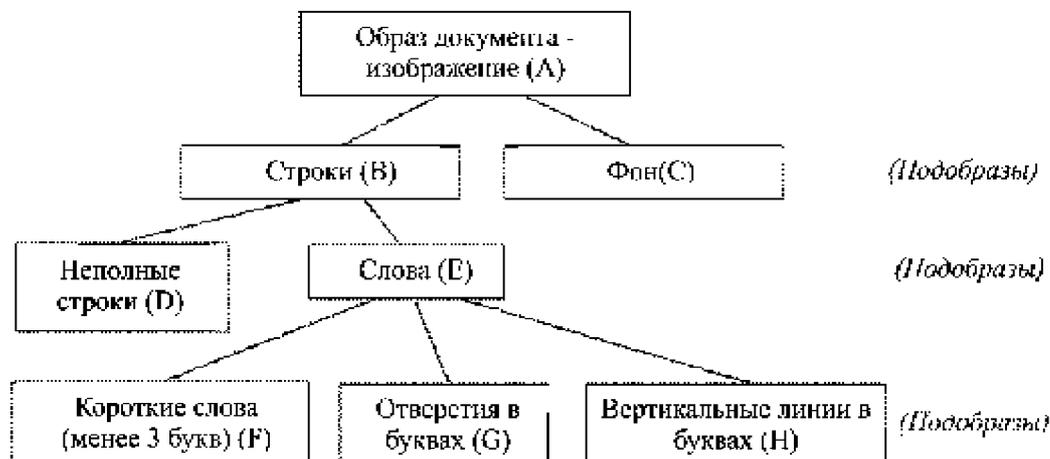


Рисунок 1 – Иерархическое структурное описание текстового документа

Основываясь на рекомендациях [5], для последующей обработки формализованы следующие структурные компоненты документа:

1. **Количество строк** $N_{\text{строк}}$ (подобраз B иерархической структуры, представленной на рисунке 1), определяемое из исходного цифрового изображения текстового документа.
2. **Номера неполных строк** $N_{\text{непол.строк}}$ (подобраз D):

$$N_{\text{непол.строк}} = [n_{\text{непол.строк } 1}, \dots, n_{\text{непол.строк } i}] ,$$

где $1 \leq n_{\text{непол.строк}} \leq N_{\text{строк}}$ – элемент вектора $N_{\text{непол.строк}}$, соответствующий порядковому номеру неполной строки (как правило, первая и последняя строка абзаца).

3. **Количество слов в каждой строке** $N_{\text{слов}}$ (признак E1 подобраза E):

$$N_{\text{слов}} = [n_{\text{слов}1}, \dots, n_{\text{слов}i}] ,$$

где $n_{\text{слов}i}$ – элемент вектора $N_{\text{слов}}$, равный числу слов в i -й строке.

4. **Расположение коротких слов** $P_{\text{корот.слов}}$ (подобраз F):

$$P_{\text{корот.слов}} = \begin{bmatrix} P_{\text{корот.слов}11} & \dots & P_{\text{корот.слов}1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ P_{\text{корот.слов}N_{\text{строк}}1} & \dots & P_{\text{корот.слов}N_{\text{строк}}m} \end{bmatrix} ,$$

где элемент вектора

$$P_{\text{корот.слов}} = \begin{cases} 1, \text{ если } j\text{-словов в } i\text{-строке короткое} \\ 0 \text{ в противном случае} \end{cases} ,$$

$i = 1 \dots N_{\text{строк}}$, $j = 1 \dots m$, m – максимальное число слов в строке анализируемого текста (строки с меньшим числом слов дополняются справа нулями). Под короткими будем понимать слова с малым содержанием букв (меньшим или равным трем).

5. **Площадь слов** S (признак E2 подобраза E):

$$S = \begin{bmatrix} s_{11} & \dots & s_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ s_{N_{\text{строк}}1} & \dots & s_{N_{\text{строк}}m} \end{bmatrix} ,$$

где элемент матрицы s_{ij} – площадь (число пикселей области) j -го ($j = 1 \dots m$) слова в i -й ($i = 1 \dots N_{\text{строк}}$) строке (строки с числом слов, меньшим m , дополняются справа нулями).

6. **Относительное расстояние между словами** $L_{\text{слов}}$ (признак E2 подобраза E):

$$L_{\text{слов}} = \begin{bmatrix} l_{11} & \dots & l_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ l_{N_{\text{строк}}1} & \dots & l_{N_{\text{строк}}m} \end{bmatrix} ,$$

где элемент матрицы $l_{ij} = \sqrt{(x_{ij} - x_{11})^2 + (y_{ij} - y_{11})^2}$; x_{ij} и y_{ij} – горизонтальная и вертикальная координаты центра масс j -го ($j = 1 \dots m$) слова в i -й ($i = 1 \dots N_{\text{строк}}$) строке.

7. **Количество отверстий в буквах (по строкам)** $N_{\text{отв}}$ (признак G1 подобраза G):

$$N_{\text{отв}} = [n_{\text{отв}1}, \dots, n_{\text{отв}N_{\text{строк}}}] ,$$

где $n_{\text{отв},i}$ – элемент вектора $N_{\text{слов}}$, равный числу отверстий в буквах слов i -й строки.

8. **Относительное расстояние между отверстиями в буквах** $L_{\text{отв}}$ (признак G2 подобраза G):

$$L_{\text{отв}} = \begin{bmatrix} l_{\text{отв}.11} & \cdots & l_{\text{отв}.1o} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ l_{\text{отв}.N_{\text{строк}}1} & \cdots & l_{\text{отв}.N_{\text{строк}}o} \end{bmatrix},$$

где элемент матрицы $l_{\text{отв}.ij} = \sqrt{(x_{\text{отв}.ij} - x_{\text{отв}.11})^2 + (y_{\text{отв}.ij} - y_{\text{отв}.11})^2}$, $x_{\text{отв}.ij}$ и $y_{\text{отв}.ij}$ – горизонтальная и вертикальная координаты центра масс j -го ($j=1..o$) отверстия в i -й ($i=1..N_{\text{строк}}$) строке; o – максимальное число отверстий в строке анализируемого текста (строки с числом отверстий, меньшим o , дополняются справа нулями).

9. **Количество вертикальных линий в буквах (по строкам)** $N_{\text{верт}}$ (признак Н1 подобраза Н):

$$N_{\text{верт}} = \left[n_{\text{верт}1}, \dots, n_{\text{верт}N_{\text{строк}}} \right],$$

где $n_{\text{верт}.i}$ – элемент вектора $N_{\text{верт}}$, равный числу вертикальных линий в словах i -й строки.

10. **Относительное расстояние между вертикальными линиями в буквах** $L_{\text{верт}}$ (признак Н2 подобраза Н):

$$L_{\text{верт}} = \begin{bmatrix} l_{\text{верт}.11} & \cdots & l_{\text{верт}.1v} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ l_{\text{верт}.N_{\text{строк}}1} & \cdots & l_{\text{верт}.N_{\text{строк}}v} \end{bmatrix},$$

где элемент матрицы $l_{\text{верт}.ij} = \sqrt{(x_{\text{верт}.ij} - x_{\text{верт}.11})^2 + (y_{\text{верт}.ij} - y_{\text{верт}.11})^2}$, $x_{\text{верт}.ij}$ и $y_{\text{верт}.ij}$ – горизонтальная и вертикальная координаты центра масс j -й ($j=1..v$) вертикальной линии в i -й ($i=1..N_{\text{строк}}$) строке; v – максимальное число вертикальных линий в строке анализируемого текста (строки с числом вертикальных линий, меньшим v , дополняются справа нулями).

Для представленных признаков в среде инженерных расчетов MATLAB [7] разработаны алгоритмы их оценивания. Базовыми процедурами указанных алгоритмов являются операции, основанные на морфологической обработке «дилатация» и «эрозия», которые позволяют заполнить разрывы в буквах и между слов таким образом, чтобы они образовывали единое замкнутое пространство [8].

Задачу установления схожести двух текстовых документов – оригинала и копии, полученной исполнителем (возможно, содержащей подделку) – можно рассматривать как частный случай (единственность эталона) общей задачи распознавания образов [9, 10]. При этом в качестве меры близости рассматриваемых объектов целесообразно использовать евклидову метрику:

$$d^2(\omega, \omega_1) = \sum_{j=1}^N (x_j - x_j^{(1)})^2,$$

где x_j – значение j -го признака объекта ω – копии документа; $x_j^{(1)}$ – значение j -го признака объекта ω_1 – оригинала документа. Тогда с учетом введенной формализации признаков объектов получим:

$$\begin{aligned}
 d^2(\omega, \omega_1) = & \left(N_{\text{строк}}^{(p,k)} - N_{\text{строк}}^{(q,l)} \right)^2 + \sum_{j=1}^t \left(n_{\text{неполн.строк } j}^{(p,k)} - n_{\text{неполн.строк } j}^{(q,l)} \right)^2 + \sum_{j=1}^{N_{\text{строк}}} \left(n_{\text{слов } j}^{(p,k)} - n_{\text{слов } j}^{(q,l)} \right)^2 + \\
 & + \sum_{j=1}^{N_{\text{строк}}} \sum_{i=1}^m \left(p_{\text{корот.слов } j,i}^{(p,k)} - p_{\text{корот.слов } j,i}^{(q,l)} \right)^2 + \sum_{j=1}^{N_{\text{строк}}} \sum_{i=1}^m \left(s_{\text{слов } j,i}^{(p,k)} - s_{\text{слов } j,i}^{(q,l)} \right)^2 + \\
 & + \sum_{j=1}^{N_{\text{строк}}} \sum_{i=1}^m \left(l_{\text{слов } j,i}^{(p,k)} - l_{\text{слов } j,i}^{(q,l)} \right)^2 + \sum_{j=1}^{N_{\text{строк}}} \left(n_{\text{отв. } j}^{(p,k)} - n_{\text{отв. } j}^{(q,l)} \right)^2 + \sum_{j=1}^{N_{\text{строк}}} \sum_{i=1}^o \left(l_{\text{отв. } j,i}^{(p,k)} - l_{\text{отв. } j,i}^{(q,l)} \right)^2 + \\
 & + \sum_{j=1}^{N_{\text{строк}}} \left(n_{\text{верг. } j}^{(p,k)} - n_{\text{верг. } j}^{(q,l)} \right)^2 + \sum_{j=1}^{N_{\text{строк}}} \sum_{i=1}^o \left(l_{\text{верг. } j,i}^{(p,k)} - l_{\text{верг. } j,i}^{(q,l)} \right)^2 = d_1^2(\omega_{pk}, \omega_{ql}) + d_2^2(\omega_{pk}, \omega_{ql}) + \\
 & + d_3^2(\omega_{pk}, \omega_{ql}) + d_4^2(\omega_{pk}, \omega_{ql}) + d_5^2(\omega_{pk}, \omega_{ql}) + d_6^2(\omega_{pk}, \omega_{ql}) + d_7^2(\omega_{pk}, \omega_{ql}) + \\
 & + d_8^2(\omega_{pk}, \omega_{ql}) + d_9^2(\omega_{pk}, \omega_{ql}) + d_{10}^2(\omega_{pk}, \omega_{ql}),
 \end{aligned} \tag{1}$$

где $d_j^2(\omega, \omega_1)$ – мера близости параметров $N_{\text{строк}}$, $N_{\text{неполн.строк}}$, $N_{\text{слов}}$, $P_{\text{корот.слов}}$, $S_{\text{слов}}$, $L_{\text{слов}}$, $N_{\text{отв.}}$, $L_{\text{отв.}}$, $N_{\text{верг.}}$, $L_{\text{верг.}}$ оригинала и копии текстового документа.

При сопоставлении двух образов последовательным сравнением признаков измерения с меньшей значимостью следует приписать меньшие веса, а признакам, определение которых вообще нецелесообразно, приписать нулевые значения. Назначение весов признаков можно осуществить посредством линейного преобразования, которое обеспечит более благоприятную группировку точек, представляющих образы, в новом пространстве. В таком случае совокупность признаков объектов, используемых в рабочем словаре, можно описать N -мерным вектором $\Lambda = \{\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N\}$, компоненты которого определяют вес соответствующего признака объекта. С учетом Λ квадрат расстояния между объектами (1) составит:

$$\begin{aligned}
 d^2(\omega_{pk}, \omega_{ql}) = & \lambda_1 d_1^2(\omega_{pk}, \omega_{ql}) + \lambda_2 d_2^2(\omega_{pk}, \omega_{ql}) + \lambda_3 d_3^2(\omega_{pk}, \omega_{ql}) + \lambda_4 d_4^2(\omega_{pk}, \omega_{ql}) + \\
 & + \lambda_5 d_5^2(\omega_{pk}, \omega_{ql}) + \lambda_6 d_6^2(\omega_{pk}, \omega_{ql}) + \lambda_7 d_7^2(\omega_{pk}, \omega_{ql}) + \lambda_8 d_8^2(\omega_{pk}, \omega_{ql}) + \lambda_9 d_9^2(\omega_{pk}, \omega_{ql}) + \\
 & + \lambda_{10} d_{10}^2(\omega_{pk}, \omega_{ql}) = \sum_{j=1}^{10} \lambda_j d_j^2(\omega_{pk}, \omega_{ql}).
 \end{aligned} \tag{2}$$

Для копий документов в решаемой задаче целесообразно установить связь между полученной мерой (2) и коэффициентом схожести $K_{\text{схож}}$ следующим образом:

$$\begin{aligned}
 K_{\text{схож}} = & \sum_{j=1}^{10} \lambda_j d_j^2(\omega, \omega_1) = \lambda_1 d_1^2(\omega, \omega_1) + \lambda_2 d_2^2(\omega, \omega_1) + \lambda_3 d_3^2(\omega, \omega_1) + \lambda_4 d_4^2(\omega, \omega_1) + \\
 & + \lambda_5 d_5^2(\omega, \omega_1) + \lambda_6 d_6^2(\omega, \omega_1) + \lambda_7 d_7^2(\omega, \omega_1) + \lambda_8 d_8^2(\omega, \omega_1) + \lambda_9 d_9^2(\omega, \omega_1) + \lambda_{10} d_{10}^2(\omega, \omega_1).
 \end{aligned} \tag{3}$$

Эффективным средством выявления связи между одной зависимой переменной и несколькими независимыми (3) является множественный регрессионный анализ [11], а результатом его применения будут весовые коэффициенты λ_j , характеризующие «силу» влияния соответствующей независимой переменной $d_j^2(\omega, \omega_1)$ на зависимую $K_{\text{схож}}$.

Расчет коэффициентов регрессии (3) основан на методе наименьших квадратов

остатков (разницей между реальными и предсказанными значениями):

$$\sum_{i=1}^m \left[K_{\text{схож } i} - (\lambda_0 + \lambda_1 d_1^2(\omega, \omega_1) + \lambda_2 d_2^2(\omega, \omega_1) + \lambda_3 d_3^2(\omega, \omega_{11}) + \lambda_4 d_4^2(\omega, \omega_1) + \lambda_5 d_5^2(\omega, \omega_1) + \lambda_6 d_6^2(\omega, \omega_1) + \lambda_7 d_7^2(\omega, \omega_1) + \lambda_8 d_8^2(\omega, \omega_1) + \lambda_9 d_9^2(\omega, \omega_1) + \lambda_{10} d_{10}^2(\omega, \omega_1)) \right]^2 \rightarrow \min_{\lambda_0, \lambda_1, \dots, \lambda_{10}}, \quad (4)$$

где λ_0 – свободный член, m – число наблюдений.

В матричной форме уравнение (4) для случая m наблюдений имеет следующий вид:

$$\mathbf{K}_{\text{схож}} = \mathbf{\Lambda} \cdot \mathbf{D} + \mathbf{\Delta},$$

где $\mathbf{\Delta}$ – вектор случайных погрешностей; в развернутом виде это выглядит так:

$$\begin{pmatrix} K_{\text{схож } 1} \\ K_{\text{схож } 2} \\ \vdots \\ K_{\text{схож } m} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \vdots \\ \lambda_{10} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 & d_1^2(\omega, \omega_1)^{(1)} & \dots & d_1^2(\omega, \omega_1)^{(m)} \\ 1 & d_2^2(\omega, \omega_1)^{(1)} & \dots & d_2^2(\omega, \omega_1)^{(m)} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & d_{10}^2(\omega, \omega_1)^{(1)} & \dots & d_{10}^2(\omega, \omega_1)^{(m)} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \Delta_1 \\ \Delta_2 \\ \vdots \\ \Delta_m \end{pmatrix}.$$

В соответствии с методом наименьших квадратов случайная погрешность $\mathbf{\Delta} = 0$, тогда вектор неизвестных находится по формуле

$$\mathbf{\Lambda} = \mathbf{D}^{-1} \cdot \mathbf{K}_{\text{схож}} \quad (5)$$

Решение уравнения (5) осуществлено с использованием модуля Multiple Regression программы Statistica [12], реализующего множественный регрессионный анализ данных. Для этого исследовалась зависимость коэффициента $K_{\text{схож}}$ (2.1) от параметров $d_j^2(\omega, \omega_1)$ для оригинала документа и его 25 копий. Общее число наблюдений составило $m = 850$.

Зависимый коэффициент схожести определялся как

$$K_{\text{схож}} = \frac{N_{\Sigma \text{ копия}} - N_{\Sigma \text{ изм. копия}}}{N_{\Sigma \text{ оригинал}}}, \quad (6)$$

где $N_{\Sigma \text{ оригинал}}$ – информационная емкость (общее число символов) текстового документа, занесенного в базу данных организации после прохождения документом всех согласований, подписаний и утверждений ответственными лицами (оригинала); $N_{\Sigma \text{ копия}}$ – информационную емкость текстового документа, полученного и отсканированного исполнителем (копия); $N_{\Sigma \text{ изм. копия}}$ – число информационных элементов (символов) в копии, отличающихся от информационных элементов оригинала. То есть при полном соответствии документов, занесенных в базу данных организации и полученных исполнителем $N_{\Sigma \text{ копия}} = N_{\Sigma \text{ оригинал}}$, $N_{\Sigma \text{ изм. копия}} = 0$, а $K_{\text{схож}} = 1$. В случае частичной подделки текстового документа число несоответствующих символов в копии $N_{\Sigma \text{ изм. копия}} > 0$ либо общее число символов $N_{\Sigma \text{ изм. копия}} \neq N_{\Sigma \text{ оригинал}}$, а $K_{\text{схож}} < 1$.

Множественный регрессионный анализ позволил на уровне значимости $p = 0,0000001$ (по критерию Фишера) получить коэффициент множественной регрессии (табл. 1).

Таблица 1 – Результаты множественного регрессионного анализа

λ_j	Вычисленные значения	Ошибки оценивания	Значения статистического критерия Стьюдента	Значения уровней значимости по критерию Стьюдента
λ_0	1,024285834707	0,018663847892	54,8807	0
λ_1	0,006560966142	0,003331107147	1,9696	0,0492
λ_2	0,000349635099	0,000024681726	14,1657	0
λ_3	0,000864616833	0,000125530532	6,8877	0
λ_4	-0,006807158182	0,001410106790	-4,8274	0
λ_5	-0,000000000541	0,000000000210	-2,5833	0,0099
λ_6	0,000000005455	0,000000000649	8,4030	0
λ_7	-0,000582593170	0,000021761645	-26,7716	0
λ_8	0,000000000953	0,000000000369	2,5837	0,0099
λ_9	0,000019461904	0,000006226881	3,1255	0,0018
λ_{10}	0,000000000385	0,000000000235	1,6397	0,1014

Полученные результаты позволяют признать значимыми признаки λ_j для $j=1...9$ (исключить признак $L_{\text{верт.}}$) и, используя полученный свободный член λ_0 , определить критерий схожести в следующем виде:

$$K_{\text{схож}} = \lambda_0 + \sum_{j=1}^9 \lambda_j d_j^2(\omega, \omega_{11}). \quad (7)$$

Рассмотренный словарь признаков и сформированный критерий (7) определяют регрессионную модель разности структурных признаков текстовых документов, адекватность которой подтверждается гистограммой распределения остатков (рис. 2).

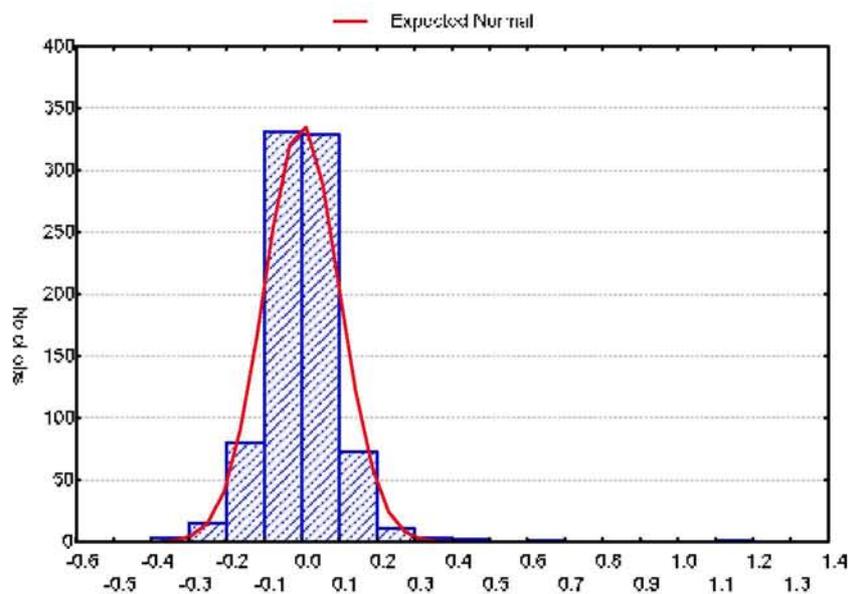


Рисунок 2 – Распределение остатков регрессионной модели

Представленная модель позволяет реализовать алгоритм оценки достоверности бумажных текстовых документов (рис. 3).

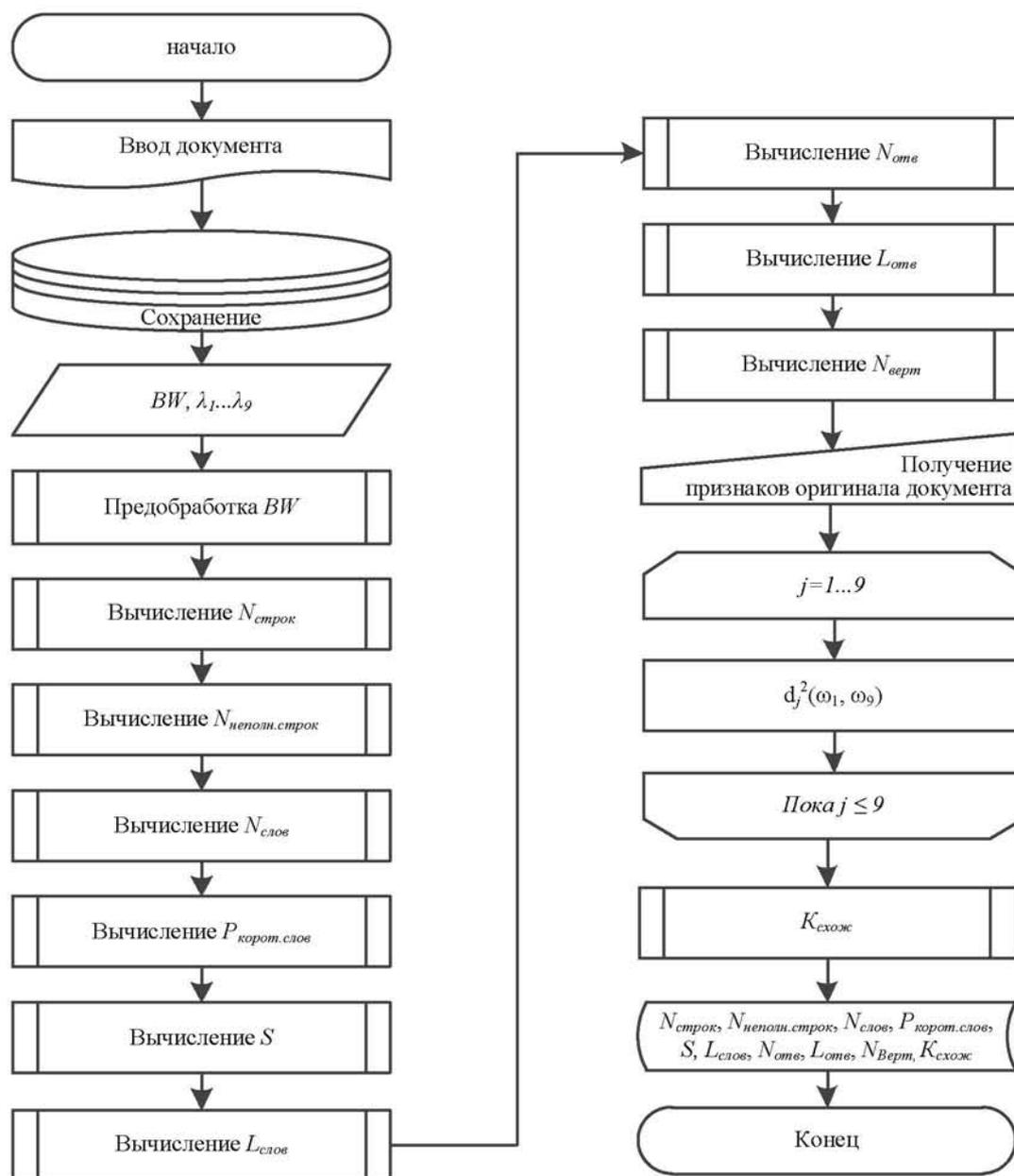


Рисунок 3 – Алгоритм оценки схожести бумажных документов

Исходными данными для реализации алгоритма являются:

- 1) цифровое изображение копии документа, получаемое в результате его сканирования;
- 2) коэффициенты регрессии (табл. 1);
- 3) признаки оригинального документа, определенные согласно разработанных алгоритмов.

Результаты моделирования разработанных алгоритмов в среде технических расчетов MATLAB [7] указывают на их результативность, сходимость и устойчивость. При исследовании точности и чувствительности разработанного алгоритма использовался ряд документов, в том числе, копии документа, содержащие подделку.

Результаты определения коэффициента схожести по выражению (6) и экспериментальным путем, согласно предлагаемого алгоритма (рис. 3), представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты исследования внешнего параметра – коэффициент схожести

Характеристика документа			$N_{\text{дубликаты}}$	$K_{\text{схож}}$ (расчет)	$K_{\text{схож}}$ (эксперимент)	Δ_i	
1	Копия	640	640	0	1	0,9812	0,0188
	Подделка 1	640	688	292	0,6188	0,5976	0,0212
	Подделка 2	640	583	57	0,8219	0,8268	-0,0049
	Подделка 3	640	626	174	0,7063	0,6945	0,0118
2	Копия	961	961	0	1	0,991	0,009
	Подделка 1	961	1068	289	0,8106	0,8032	0,0074
	Подделка 2	961	1136	643	0,513	0,5271	-0,0141
	Подделка 3	961	961	672	0,3007	0,3115	-0,0108
3	Копия	1133	1133	0	1	0,9909	0,0091
	Подделка 1	1133	1149	343	0,7114	0,7023	0,0091
	Подделка 2	1133	1064	1064	0	0,0112	-0,0112
	Подделка 3	1133	1043	805	0,2101	0,2059	0,0042
Точность алгоритма МРАЕ, %						1,65951	

Для оценки точности разработанного алгоритма по результатам статистических испытаний использовалась средняя абсолютная ошибка

$$MPAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{|\Delta_i|}{y_i^{\text{зад}}} \right) \cdot 100\%,$$

характеризующая точность алгоритма, исходя из следующих правил: $MPAE \leq 5\%$ – высокая точность; $5\% \leq MPAE \leq 15\%$ – средняя точность; $15\% \leq MPAE \leq 50\%$ – низкая точность; $MPAE > 50\%$ – неудовлетворительная точность.

Представленные результаты свидетельствуют о высокой точности разработанного алгоритма. Однако разброс оцениваемых параметров для копий документа, не содержащих подделки, может приводить к отклонению коэффициента схожести $K_{\text{схож}}$ от своего максимального значения, в связи с чем в практических реализациях множество возможных решений целесообразно представить в следующем виде:

$$L = \begin{cases} l_1 \Rightarrow \{K_{\text{схож}} \geq 0,97\}, \\ l_2 \Rightarrow \{K_{\text{схож}} < 0,97\}, \end{cases}$$

то есть решение l_1 указывает на соответствие копии документа его оригиналу с погрешностью метода оценивания 3 %, а l_2 – на любые случаи подделки, требующие принятия дополнительных мер по обеспечению достоверности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузнецов А.В. Организация сопровождения жизненного цикла документов // Информационные системы и технологии. – Орел: Изд-во ОрелГТУ, 2011. – № 1(63). – С. 68-72.
2. Кузнецов А.В. Способ определения схожести содержательной части документов. – 3-я международная научно-практическая конференция «Наука и бизнес: пути развития». Труды конференции. – Тамбов, 2011. – № 1.

3. Кузнецов А.В., Басов О.О. Метод установления схожести содержательной части бумажного документа с цифровой копией его оригинала // «Информационные системы и технологии». Материалы международной научно-технической интернет-конференции. – Орел, апрель-май 2011. – Орел: ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», 2011. – Т. 3 – С. 67-71.
4. Кузнецов А.В. Структурная модель текстового документа / А.В. Кузнецов, О.О. Басов, И.В. Блинов // «Новые информационные технологии в научных исследованиях». Материалы XVI всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов. – Рязань, 2011. – С. 286-287.
5. Бутаков Е.А., Островский В.И., Фадеев И.Л. Обработка изображений на ЭВМ. – М.: Радио и связь, 1987. – 240 с.: ил.
6. Анисимов Б.В., Курганов В.Д., Злобин В.К. Распознавание и цифровая обработка изображений: учеб. пособие для студентов ВУЗов. – М.: Высш. шк., 1983. – 295 с.: ил.
7. Иглин С.П. Математические расчеты на базе MATLAB. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 640 с.: ил.
8. Гонсалес Р., Вудс Р., Эддинс С. Цифровая обработка изображений в среде MATLAB. – Техносфера, 2006.
9. Дуда Р., Харт П. Распознавание образов и анализ сцен: пер. на русск. – М.: Мир, 1976.
10. Верхаген К., Дейн Р., Грун Ф. и др. Распознавание образов: состояние и перспективы: пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1985. – 104 с.: ил.
11. Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных сотрудников. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 816 с.
12. Халафян А.А. Statistica 6. Статистический анализ данных. 3-е изд. – М.: ООО «Бином-Пресс», 2007. – 512 с.: ил.
13. Константинов И.С., Стычук А.А., Мозгов С.С., Засимов А.С. Разработка формализованного представления функциональности интернет-системы обеспечения конфиденциальности документов // Информационные системы и технологии. – Орел: ОрелГТУ, 2010. – № 1(57). – С. 62-67.

Кузнецов Андрей Викторович

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», учебно-научно-исследовательский институт информационных технологий, г. Орел
Соискатель
Тел.: 8 910 300 03 66
E-mail: kvaa77@rambler.ru

Константинов Игорь Сергеевич

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

Басов Олег Олегович

Академия ФСО, г. Орел
Кандидат технических наук, преподаватель
Тел.: 8 919 201 18 97
E-mail: oobasov@rambler.ru

A.V. KUZNETSOV (*The competitor*)

I.S. KONSTANTINOV (*Doctor of Engineering Sciences, Professor of the department «Information systems»*)
State University – ESPC, Orel

O.O. BASOV (*Candidate of Engineering Sciences, The teacher of high school*)
Academy of Federal Agency of protection of the Russian Federation, Orel

THE REGRESSIONAL MODEL OF THE DIFFERENCE BETWEEN STRUCTURAL FEATURES OF TEXT DOCUMENTS

The article reviews the model of the difference between the structural features of a digital image of the original text document and its copy by means of multiple regressional analysis. The article synthesizes the algorithm of such documents similarity by morphological analysis of their digital representation got by scanning.

Keywords: document circulation; authenticity documents; regression model; protection documents.

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Kuznecov A.V. Organizaciya soprovozhdeniya zhiznennogo cikla dokumentov // Informacionny'e sistemy' i tehnologii. – Oryol: Izd-vo OryolGTU, 2011. – № 1(63). – S. 68-72.
2. Kuznecov A.V. Sposob opredeleniya sxozhesti sodержatel'noj chasti dokumentov. – 3-ya mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya «Nauka i biznes: puti razvitiya». Trudy' konferencii. – Tambov, 2011. – № 1.
3. Kuznecov A.V. Metod ustanovleniya sxozhesti sodержatel'noj chasti bumazhnogo dokumenta s cifrovoy kopiej ego originala // «Informacionny'e sistemy' i tehnologii». Materialy' mezhdunarodnoj nauchno-texnicheskoj internet-konferencii. – Oryol, aprel'-maj 2011. – Oryol: FGBOU VPO «Gosuniversitet – UNPK», 2011. – T. 3. – S. 67-71.
4. Kuznecov A.V. Strukturnaya model' tekstovogo dokumenta / A.V. Kuznecov, O.O. Basov, I.V. Blinov // «Novy'e informacionny'e tehnologii v nauchny'x issledovaniyax». Materialy' XVI vsrossijskoj nauchno-texnicheskoj konferencii studentov, molody'x uchyony'x i specialistov. – Ryazan', 2011. – S. 286-287.
5. Butakov E.A., Ostrovskij V.I., Fadeev I.L. Obrabotka izobrazhenij na E'VM. – M.: Radio i svyaz', 1987. – 240 s.: il.
6. Anisimov B.V., Kurganov V.D., Zlobin V.K. Raspoznavanie i cifrovaya obrabotka izobrazhenij: ucheb. posobie dlya studentov VUZov. – M.: Vy'ssh. shk., 1983. – 295 s.: il.
7. Iglin S.P. Matematicheskie raschyoty' na baze MATLAB. – SPb.: BXV-Peterburg, 2005. – 640 s.: il.
8. Gonsales R., Vuds R., E'ddins S. Cifrovaya obrabotka izobrazhenij v srede MATLAB. – Texnosfera, 2006.
9. Duda R., Xart P. Raspoznavanie obrazov i analiz scen: per. na russk. – M.: Mir, 1976.
10. Verxagen K., Dejn R., Grun F. i dr. Raspoznavanie obrazov: sostoyanie i perspektivy': per. s angl. – M.: Radio i svyaz', 1985. – 104 s.: il.
11. Kobzar' A.I. Prikladnaya matematicheskaya statistika. Dlya inzhenerov i nauchny'x sotrudnikov. – M.: FIZMATLIT, 2006. – 816 s.
12. Xalafyan A.A. Statistica 6. Statisticheskij analiz danny'x. 3-e izd. – M.: OOO «Binom-Press», 2007. – 512 s.: il.
13. Konstantinov I.S., Sty'chuk A.A., Mozgov S.S., Zasimov A.S. Razrabotka formalizovannogo predstavleniya funkcional'nosti internet-sistemy' obespecheniya konfidencial'nosti dokumentov // Informacionny'e sistemy' i tehnologii. – Oryol: OryolGTU, 2010. – № 1(57). – S. 62-67.

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ДИНАМИЧЕСКОГО ОБНАРУЖЕНИЯ РАЗРУШАЮЩИХ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ

Статья посвящена особенностям функционирования пользовательских приложений и вопросам обнаружения вредоносных программ в операционных системах семейства Windows NT. Предложена функциональная модель системы динамического обнаружения разрушающих программных средств, основанная на анализе последовательностей вызовов Win32 API функций, выделяемых для каждого выполняющегося процесса.

Ключевые слова: разрушающие программные средства; вирусы; обнаружение; процессы в Windows; антивирусные средства.

В современных условиях глобальной информатизации общества использование антивирусных средств стало неотъемлемой частью систем защиты персональных компьютеров и сетей в целом. При этом особую актуальность приобрели вопросы разработки новых интеллектуальных средств обнаружения разрушающих программных средств.

В настоящее время жизненный цикл любой вредоносной программы включает в себя следующие этапы [1, 2]:

1) хранение (период, в течение которого вредоносная программа хранится на диске или размещена в оперативной памяти, но не исполняется; на данном этапе разрушающее программное средство является наиболее уязвимым со стороны антивирусной программы, поскольку не может контролировать работу операционной системы);

2) исполнение (характеризуется тем, что программа уже выполняется и реализует потенциально опасные действия; на этом этапе вредоносная программа активна и может контролировать работу операционной системы с целью активной самозащиты).

Таким образом, для классификации механизмов распознавания можно воспользоваться признаком активности вредоносной программы на момент ее анализа (рис. 1).

К первой группе механизмов, которые распознают наличие вредоносного кода в неактивном состоянии, относятся:

- 1) сигнатурные анализаторы;
- 2) инспекторы изменений;
- 3) эвристические анализаторы;
- 4) структурные анализаторы.

Несмотря на их очевидные достоинства (100 %-ное обнаружение известных антивирусному средству штаммов вредоносных программ и высокая скорость анализа файлов – сигнатурные анализаторы, возможность обнаружения модифицированных вирусов – эвристические и структурные анализаторы), они не решают такую сложную задачу, как защита от неизвестных и модифицированных вирусов, которые уже выполняются и оказывают вредоносное воздействие на операционную систему и данные пользователя. Для решения данной задачи применяются поведенческие блокираторы («проактивные» механизмы распознавания разрушающих программных средств).

Данный класс механизмов осуществляет распознавание вредоносных программ на стадии их активности и основывается на контроле активности процессов в памяти. Поведенческие блокираторы отслеживают функционирование всех запущенных пользовательских программ, контролируют и протоколируют все изменения в файловой системе и реестре операционной системы, блокируют попытки внедрения в другие процессы.



Рисунок 1 – Классификация механизмов распознавания вредоносных программ

Очевидными достоинствами поведенческих блокираторов являются:

- способность распознавания вредоносных программ принципиально новых классов или модифицированных штаммов программ с потенциально опасными последствиями;
- возможность блокировки уже запущенных на выполнение вредоносных программ;
- возможность восстановления всех изменений («откат»), произошедших в процессе функционирования вредоносного кода.

Поведенческие блокираторы имеют следующие недостатки:

- высокая вероятность ошибок первого и второго рода;
- вовлечение пользователя в процесс принятия решения.

Последний недостаток является наиболее значимым, поскольку требует высокой квалификации пользователя, что в реальной жизни зачастую приводит к отказу от применения данной группы методов распознавания вредоносных программ. В силу этой причины задача исследования и модификации «проактивных» механизмов обнаружения разрушающих программных средств является актуальной.

Практическая реализация такого антивирусного средства включает в себя разработку подсистемы, способной отслеживать функционирование пользовательских программ, а также восстанавливать работоспособность операционной системы после заражения. Особого внимания заслуживает функциональная модель системы динамического обнаружения разрушающих программных средств, работающая под управлением операционной системы семейства Windows NT.

Как и в большинстве современных многопользовательских операционных систем, в операционных системах семейства Windows NT приложения пользователей отделены от ядра собственно операционной системы: её код выполняется в привилегированном режиме процессора (режиме ядра, kernel mode), который обеспечивает доступ ко всей системной памяти, оборудованию, а также разрешает выполнять любые машинные команды процессора. Код приложений пользователей выполняется в непривилегированном режиме функционирования процессора (режим пользователя, user mode) с неполным набором интерфейсов, ограниченным доступом к системным данным и без прямого доступа к оборудованию. Данное разделение необходимо для предотвращения доступа приложений к критически важным данным операционной системы и устранения риска их модификации.

Приложения пользователей могут переключаться из пользовательского режима в режим ядра только посредством обращения к системным сервисам.

В операционных системах семейства Windows NT пользовательские приложения не вызывают системные сервисы операционной системы напрямую, а проецируют в своё адресное пространство несколько динамических библиотек (DLL), которые предназначены для трансляции документированных функций в соответствующие внутренние (недокументированные) вызовы системных сервисов операционной системы [3]. При этом системные сервисы экспортируются через специальную библиотеку системной поддержки Ntdll.dll, которая функционирует в пользовательском режиме ядра. Ntdll.dll включает в себя интерфейсы диспетчера системных сервисов (system service dispatch stubs) к сервисам исполнительной подсистемы операционной системы, которые можно вызывать из пользовательского режима.

Базовый набор документированных функций операционных систем семейства Windows NT называется Win32 API (Win32 Application Programming Interface – интерфейс прикладного программирования). Эти вызовы опубликованы и практически полностью документированы. Они представляют собой библиотечные процедуры, которые либо обращаются к системным сервисам операционной системы, либо, в некоторых случаях, выполняют работу прямо в пространстве пользователя. Базовые функции Win32 API реализованы в следующих динамически подключаемых библиотеках подсистемы Win32: Kernel32.dll, Advapi32.dll, User32.dll, Gdi32.dll. Существующие вызовы Win32 API не изменяются с новыми выпусками системы Windows, но могут расширяться.

Вызовы Win32 API покрывают все области, с которыми может работать операционная система (часто с возможностью выполнения одного и того же действия несколькими способами), в том числе: создание процессов, потоков и управление ими; межпроцессорное взаимодействие; создание и уничтожение файлов и каталогов; открытие и закрытие файлов; чтение и запись файлов; чтение и изменение атрибутов файлов; управление памятью; защита; ввод-вывод; операции с окнами; графика; работа с реестром [4].

Любое пользовательское приложение в операционной системе семейства Windows NT представляет собой статический набор команд. Выполнение пользовательских приложений осуществляется посредством создания, выполнения и последующего удаления win32-процесса [5,6]. В общем случае приложение может порождать несколько процессов.

Создание win32-процесса происходит с помощью одной из следующих функций: CreateProcess, CreateProcessAsUser или CreateProcessWithLogonW. При создании процесса автоматически порождается и начинает выполняться первичный (главный) поток, который может создавать свои дочерние потоки. В процессе выполнения потоки обращаются к системным сервисам операционной системы посредством вызова функций Win32 API.

Вызов системного сервиса пользовательским процессом (точнее, одним из его потоков) рассматривается ядром как исключение, в результате чего срабатывает ловушка (механизм, благодаря которому процессор перехватывает контроль над выполняемым потоком и передает управление обработчику ловушек). Выполняемый поток переключается в режим ядра, и управление переходит к диспетчеру системных сервисов. При этом в определенных регистрах процессора указываются номер запрошенного системного сервиса и указатель на список параметров.

По номеру запрошенного системного сервиса находится информация о необходимом сервисе в таблице диспетчеризации системных сервисов. Затем диспетчер системных сервисов проверяет наличие необходимых аргументов, передаваемых системному сервису вызывающим его потоком, копирует их из стека пользовательского режима в свой стек режима ядра и выполняет системный сервис. Перед возвратом управления пользовательскому потоку процессор переключается обратно в пользовательский режим.

Процессы, порожденные пользовательскими приложениями, в ходе своего выполнения задействуют следующие ресурсы операционной системы: файловую систему, реестр, устройства ввода-вывода, а также взаимодействуют с другими процессами.

Обращение процессов к вышеперечисленным объектам производится посредством следующих методов доступа [7]: создание/открытие объекта, чтение информации из объекта, запись информации в объект, получение атрибутов объекта, закрытие объекта, удаление объекта.

Обобщенная схема взаимодействия win32-приложений пользователя с объектами операционной системы представлена на рисунке 2.

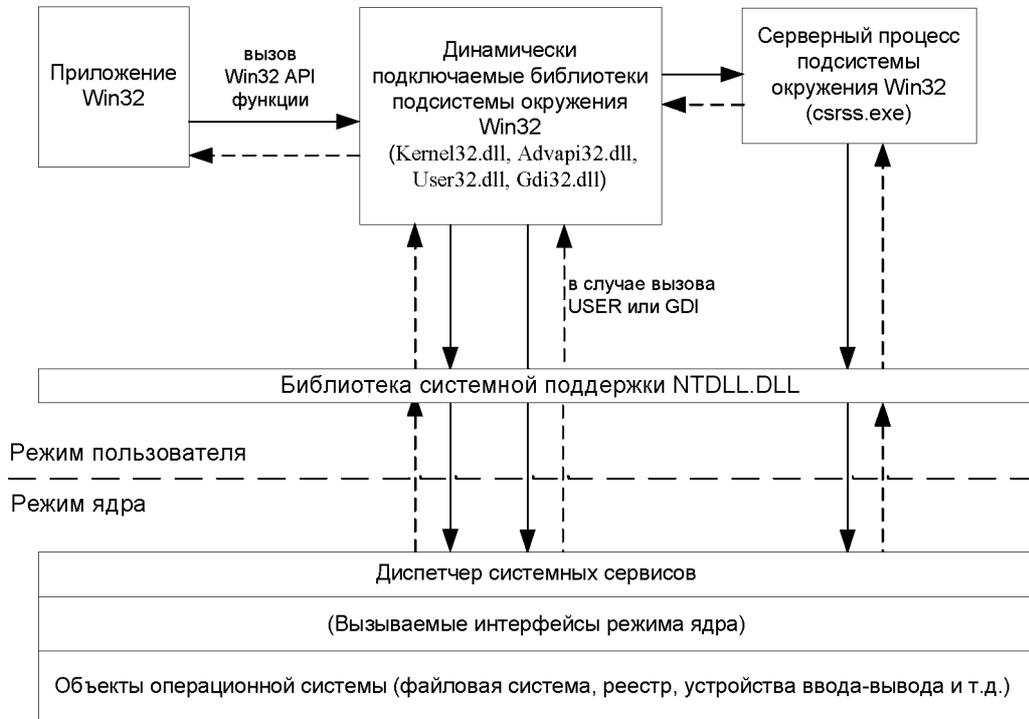


Рисунок 2 – Обобщенная схема взаимодействия win32-приложений пользователя с объектами операционной системы

Выполнение процессов, порожденных пользовательскими приложениями, только посредством использования функций Win32 API для вызова встроенных сервисов операционной системы дает возможность получить образ любого пользовательского приложения как цепочки вызовов функций Win32 API. При этом исследования показали, что последовательность вызовов для каждого типа приложения единственная и уникальная, причем последовательности вредоносных программ существенно отличаются от незараженных приложений, что дает возможность построения алгоритма обнаружения разрушающих программных средств, основанного на анализе последовательностей вызовов функций Win32 API.

Для реализации процесса получения последовательностей вызовов функций Win32 API между процессами и операционной системой необходимо разместить посредника, который будет перехватывать и записывать в файл (журнал) все вызовы, произведенные каждым процессом в отдельности. На основе полученных цепочек вызовов предлагается реализовать систему динамического обнаружения разрушающих программных средств, функциональная модель которой представлена на рисунке 3.

Система динамического обнаружения разрушающих программных средств состоит из двух подсистем:

- 1) обучения (блоки 1, 2);
- 2) обнаружения (блоки 3, 4).

Подсистема обучения системы динамического обнаружения разрушающих программных средств предназначена для формирования базы данных моделей функционирования различных классов программ.

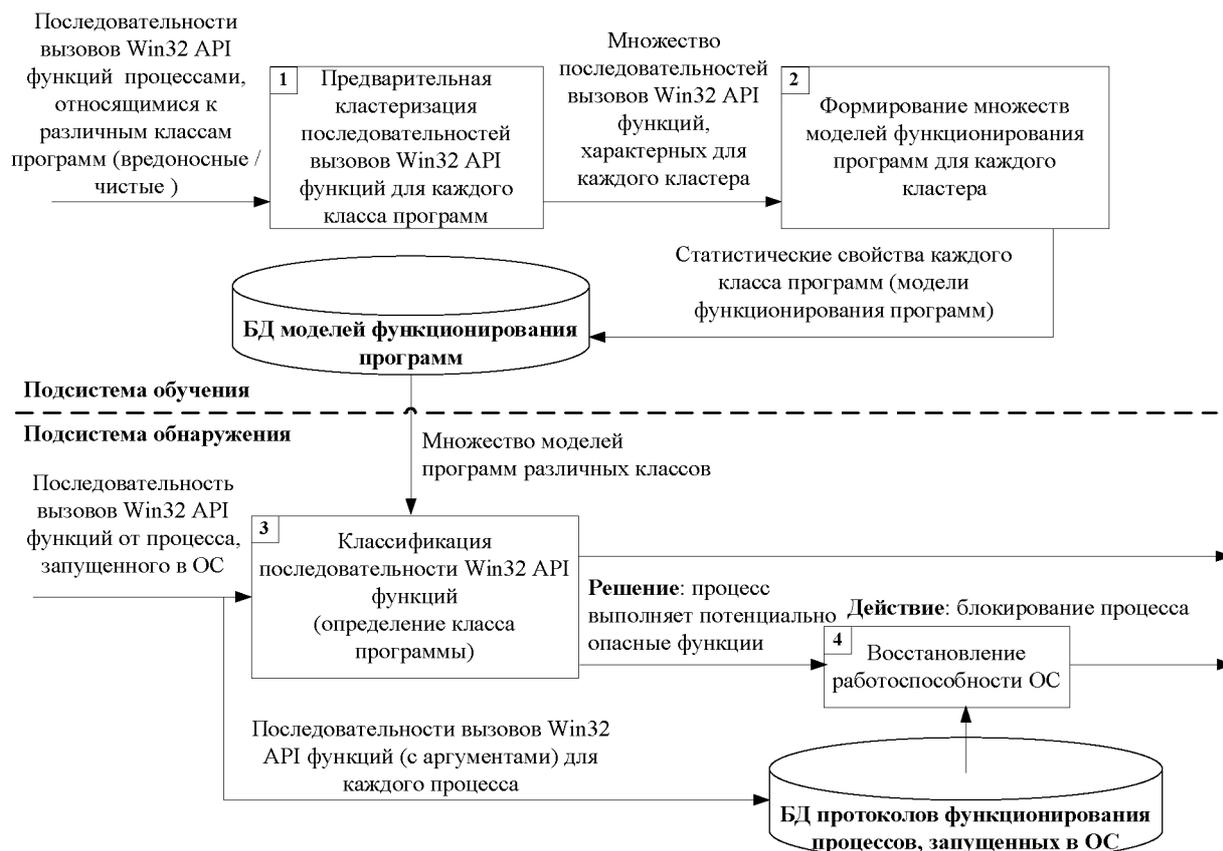


Рисунок 3 – Функциональная модель системы динамического обнаружения разрушающих программных средств

На вход данной подсистемы поступает множество последовательностей вызовов функций Win32 API, которые были запротоколированы в процессе функционирования различных программ. Данное множество должно формироваться следующим образом: сначала необходимо запустить все множество программ, необходимых для решения задач рассматриваемого подразделения (текстовые и графические редакторы, почтовые и web клиенты, приложения баз данных и т.д.); затем в операционную систему необходимо внедрить разрушающие программные средства различных классов и также запротоколировать их функционирование. Полученное множество трасс выполнения программ поступает в блок предварительной кластеризации последовательностей вызовов Win32 API функций (блок 1). Результатом функционирования данного блока является множество последовательностей вызовов Win32 API функций, характерных для каждого кластера программ. В блоке 2 подсистемы обучения производится формирование статистических моделей функционирования каждого кластера программ. Выходом подсистемы обучения является база данных моделей функционирования программ.

Практическая реализация подсистемы обучения системы динамического обнаружения разрушающих программных средств требует решения следующих задач:

- 1) разработки процедуры предварительной кластеризации последовательностей вызовов Win32 API функций;
- 2) разработки процедуры формирования статистической модели функционирования программ для каждого выделенного кластера.

Подсистема обнаружения предназначена для классификации последовательности вызовов Win32 API функций, наблюдаемой при функционировании некоторого процесса в операционной системе. На вход подсистемы обнаружения поступает последовательность вызовов Win32 API функций от процесса, запущенного в операционной системе. В блоке 3 производится оценка вероятности формирования такой последовательности программами различных классов. Затем определяется класс, к которому наиболее вероятно относится

анализируемая программа. В случае, если данный процесс классифицируется как незараженная программа, то разрешается дальнейшее выполнения процесса. В противном случае программа, породившая данный процесс, считается вредоносной, а управление передается блоку восстановления работоспособности операционной системы. Функционирование данного блока (блок 4) заключается в том, что на основании подробного протокола всех действий анализируемого процесса производится отмена этих действий, т.е. «откат» результатов выполнения вызовов Win32 API функций, а дальнейшее выполнение процесса блокируется.

Практическая реализация подсистемы обнаружения разрушающих программных средств требует решения следующих задач:

- 1) разработки процедуры классификации последовательности вызовов Win32 API функций;
- 2) разработки решающего правила для принятия решения о вредоносности некоторой последовательности вызовов Win32 API функций;
- 3) разработки процедуры восстановления работоспособности операционной системы после заражения разрушающим программным средством.

В заключении необходимо отметить, что предлагаемая модель системы динамического обнаружения разрушающих программных средств функционирует на этапе осуществления активных действий вредоносного кода и позволяет восстановить работоспособность операционной системы после заражения, что является неоспоримым ее достоинством. Разработка аналитической модели и оценка ее адекватности является направлением дальнейших исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белкин П.Ю. Программно-аппаратные средства обеспечения информационной безопасности. Защита программ и данных / П.Ю. Белкин, О.О. Михальский, А.С. Першаков, Д.И. Правиков, В.Г. Проскурин, Г.В. Фоменков, А.Ю. Щербаков: учеб. пособие для ВУЗов. – М.: Радио и связь, 1999. – 168 с.
2. Губенков А.А., Байбурин В.Б. Информационная безопасность. – М.: ЗАО «Новый издательский дом», 2005. – 128 с.
3. Соломон Д., Руссинович М. Внутреннее устройство Microsoft Windows 2000. Мастер-класс: пер. с англ. – СПб: Питер. – М.: Издательско-торговый дом «Русская редакция», 2004. – 746 с.
4. Таненбаум Э. Современные операционные системы. 2-е изд. – СПб.: Питер, 2002. – 1040 с.
5. Столингс В. Операционные системы. 4-е изд.: пер с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2002. – 848 с.
6. Гордеев А.В., Молчанов А.Ю. Системное программное обеспечение. – СПб.: Питер, 2003. – 736 с.
7. Солдатов В.П. Программирование драйверов Windows. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ООО «Бином-Пресс», 2004. – 480 с.

Шишкин Николай Викторович

Академия ФСО России, г. Орёл
Доктор технических наук
Тел.: 8 (4862) 54-97-58

Мацкевич Елена Евгеньевна

Академия ФСО России, г. Орёл
Тел.: 8 (4862) 54-99-33
E-mail: dee3d1@rambler.ru

N.V. SHISHKIN (*Doctor of Engineering Sciences*)

E.E. MATSKEVICH

Academy of Federal Agency of protection of the Russian Federation

FUNCTIONAL MODEL OF DYNAMIC DETECTING MALWARE

The article is devoted to the features of functioning of the user applications and the detection of malware in family Windows NT operating systems. We propose a functional model of dynamic detecting malware, based on analysis of sequences of calls to Win32 API functions allocated to each running process.

Keywords: *malware; viruses; processes in Windows; antivirus tools.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Belkin P.Yu. Programmno-apparatny'e sredstva obespecheniya informacionnoj bezopasnosti. Zashhita programm i danny'x / P.Yu. Belkin, O.O. Mixal'skij, A.S. Pershakov, D.I. Pravikov, V.G. Proskurin, G.V. Fomenkov, A.Yu. Shherbakov: ucheb. posobie dlya VUZov. – M.: Radio i svyaz', 1999. – 168 s.
2. Gubenkov A.A., Bajburin V.B. Informacionnaya bezopasnost'. – M.: ZAO «Novy'j izdatel'skij dom», 2005. – 128 s.
3. Solomon D., Russinovich M. Vnutrennee ustrojstvo Microsoft Windows 2000. Master-klass: per. s angl. – SPb: Piter. – M.: Izdatel'sko-torgovy'j dom «Russkaya redakciya», 2004. – 746 s.
4. Tanenbaum E'. Sovremenny'e operacionny'e sistemy'. 2-e izd. – SPb: Piter, 2002. – 1040 s.
5. Stolings V. Operacionny'e sistemy'. 4-e izd.: per. s angl. – M.: Izdatel'skij dom «Vil'yams», 2002. – 848 s.
6. Gordeev A.V., Molchanov A.Yu. Sistemnoe programmnoe obespechenie. – SPb: Piter, 2003. – 736 s.
7. Soldatov V.P. Programmirovaniye drajverov Windows. 2-e izd., pererab. i dop. – M.: OOO «Binom-Press», 2004. – 480 s.

СВЕТЛОЙ ПАМЯТИ УЧЕНОГО



20 ноября 2011 года научная общественность понесла невосполнимую утрату: ушел из жизни замечательный человек, доктор технических наук, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации, ветеран труда Сотников Владимир Васильевич.

Владимир Васильевич прошел славный жизненный путь. Более полувека его судьба была связана с Ленинградским химико-технологическим институтом. Обладая высокой работоспособностью и желанием познавать что-то новое, он вырос как ученый от простого студента до профессора, доктора технических наук, председателя специализированных ученых советов. Владимир Васильевич обладал особым творческим интересом ко всему новому в науке, технике и образовании. Результаты его многолетней научно-

исследовательской деятельности до сих пор находят применение в самых разнообразных сферах производства. Огромный вклад внес Владимир Васильевич в работу специализированного докторского диссертационного Совета СПбГТИ(ТУ), который с 1991 года успешно функционировал под его председательством. Только за последние годы здесь были успешно защищены 16 докторских и 112 кандидатских диссертаций.

Владимир Васильевич был поистине талантливым преподавателем: он разработал немало уникальных лекционных курсов, связанных с проблемами автоматического и автоматизированного управления; более сорока его учеников получили степень кандидата, а семеро – степень доктора технических наук.

Заслуги столь выдающегося ученого по праву были отмечены государственными наградами и медалями, такими, как «За доблестный труд»; «В ознаменование 100-летия со дня рождения В. И. Ленина»; «За заслуги в области химии и химической технологии»; «Заслуженный изобретатель СССР»; «За освоение новых земель»; «За отличные успехи в работе».

Владимир Васильевич много лет входил в состав редколлегии научно-технического журнала «Информационные системы и технологии». Благодаря его творческому подходу, нестандартному мышлению и полной отдаче своей работе журнал стал именно таким, каким он является сейчас.

Мы запоем Владимира Васильевича как человека доброжелательного, добросовестного, открытого, бескомпромиссного, никогда не поступающего своими жизненными принципами.

Редакция журнала «Информационные системы и технологии»

Санкт-Петербургский государственный Технологический институт
(Технический университет)

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК», г. Орел

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

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

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

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

Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

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

ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ НАУЧНОЙ СТАТЬИ

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

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

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ НАУЧНОЙ СТАТЬИ

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

• **Обязательные элементы:**

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

ТАБЛИЦЫ, РИСУНКИ, ФОРМУЛЫ

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

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

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

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

• В конце статьи приводятся набранные 10 pt сведения об авторах в такой последовательности: фамилия, имя, отчество (полуужирный шрифт); учреждение или организация, ученая степень, ученое звание, должность, адрес, телефон, электронная почта (обычный шрифт).

Сведения об авторах предоставляются отдельным файлом и обязательно дублируются на английском языке.