

# VI МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ И НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

▪АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИНФОТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ  
В НАУКЕ И ОБРАЗОВАНИИ▪

6th INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCED INFOTELECOMMUNICATION (ICAIT 2017)



COLLECTION OF SCIENTIFIC PAPERS

# СБОРНИК НАУЧНЫХ СТАТЕЙ

УДК 001:061.3(082)  
ББК 72 А43

**Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании.** VI Международная научно-техническая и научно-методическая конференция; сб. науч. ст. в 4 т. / Под. ред. С. В. Бачевского; сост. А. Г. Владыко, Е. А. Аникевич.  
СПб. : СПбГУТ, 2017. Т. 3. 535 с.

#### ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ

##### Председатель

*Бачевский С. В.*, доктор технических наук, профессор, ректор СПбГУТ (Россия)

##### Заместители председателя

*Дукельский К. В.*, кандидат технических наук, доцент, проректор по научной работе СПбГУТ (Россия)

*Алексеев И. А.*, кандидат педагогических наук, проректор по воспитательной работе и связям с общественностью СПбГУТ (Россия)

##### Ответственный секретарь

*Владыко А. Г.*, кандидат технических наук, member IEEE, СПбГУТ (Россия)

##### Члены программного комитета

*Yevgeni Koucheryavy*, professor, Ph. D., Senior member IEEE, Department of Electronics and Communication Engineering Tampere University of Technology (Finland)

*Tina Tsou*, Liaison rapporteur Huawei Technologies, editor positions in ITU-T, IETF and ETSI, Huawei (China)

*Matthias Schnöll*, professor, Ph. D., Fachbereich Elektrotechnik, Anhalt University of Applied Sciences (Germany)

*Hyeong Ho Lee*, Ph. D. in Electrical Engineering, Vice President of IEEK (Institute of Electronics Engineers of Korea), ETRI (Korea)

*Edison Pignaton de Freitas*, professor adjunto, Ph. D., Federal University of Rio Grande do Sul (Brasil)

*Andrej Kos*, professor, Ph. D., University of Ljubljana (Slovenia)

*Janusz Pieczerak*, M. Sc., Orange Labs (Poland)

*Сеилов Ш. Ж.*, доктор технических наук, президент Казахской Академии Инфокоммуникации (Казахстан)

*Кирик Д. И.*, кандидат технических наук, доцент, декан факультета радиотехнологий связи СПбГУТ

*Бузюков Л. Б.*, кандидат технических наук, профессор, декан факультета инфокоммуникационных сетей и систем СПбГУТ

*Коротин В. Е.*, кандидат технических наук, доцент, декан факультета информационных систем и технологий СПбГУТ

*Колгатин С. Н.*, доктор технических наук, профессор, декан факультета фундаментальной подготовки СПбГУТ

*Арзуманян Ю. В.*, кандидат технических наук, доцент, декан факультета экономики и управления СПбГУТ

*Лосев С. А.*, кандидат исторических наук, профессор, декан гуманитарного факультета СПбГУТ

*Лубянный А. А.*, кандидат педагогических наук, доцент, директор Института военного образования СПбГУТ

## ГЕНЕРАЛЬНЫЙ СПОНСОР



## СПОНСОРЫ КОНФЕРЕНЦИИ



В научных статьях участников конференции исследуются состояние и перспективы развития мирового и отечественного уровня ИТ и телекоммуникаций. Предлагаются методы и модели совершенствования научно-методического обеспечения отрасли связи и массовых коммуникаций.

Предназначено научным работникам, аспирантам и студентам старших курсов телекоммуникационных и политехнических вузов, инженерно-техническому персоналу и специалистам отрасли связи.

**ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ  
СПбГУТ, Россия****Председатель**

*Машков Г. М.*, доктор технических наук, профессор,  
первый проректор–проректор по учебной работе

**Заместитель председателя**

*Антипин Б. М.*, кандидат технических наук, доцент,  
директор научно-исследовательского института  
«Технологии связи»

**Ответственный секретарь**

*Аникевич Е. А.*, кандидат технических наук, начальник  
отдела организации научно-исследовательской  
работы и интеллектуальной собственности

**Члены организационного комитета**

*Ивасишин С. И.*, кандидат технических наук, проректор  
по качеству  
*Казаков Д. Б.*, начальник управления информатизации  
*Колесникова О. А.*, начальник управления маркетинга  
и рекламы  
*Ландер Т. С.*, начальник управления информационно-  
образовательных ресурсов  
*Минаков Л. М.*, главный специалист отдела аспиран-  
туры и докторантуры  
*Сибрикова Т. А.*, главный специалист отдела организа-  
ции научно-исследовательской работы и интеллекту-  
альной собственности

**ГЕНЕРАЛЬНЫЙ  
ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПАРТНЕР****ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА**

Научное издание  
Литературное редактирование,  
корректурa Е. А. Аникевич  
Оформление Л. М. Минаков  
Верстка Е. М. Аникевич  
Подписано в печать 02.10.2017.  
Вышло в свет 31.10.2017. Формат 60x90 1/8.  
Уст. печ. л. 33,438. Заказ № 036-ИТТ-2017.  
пр. Большевиков, д. 22, корп. 1.  
Россия, Санкт-Петербург, 193232

Неисключительные права на все материалы, опублико-  
ванные в данном издании, принадлежат СПбГУТ.  
Все материалы, авторские права на которые принадлежат  
СПбГУТ, могут быть воспроизведены при наличии  
письменно-го разрешения от СПбГУТ. Ссылка  
на первоисточник обязательна. По вопросам  
приобретения неисключительных прав и использования  
сборника обращайтесь по тел. (812) 326-31-63, доб. 2099,  
e-mail: itt@spbgut.ru. Тип компьютера, процес-сор,  
сопроцессор, частота: Pentium IV и выше / аналогичное;  
оперативная память (RAM): 256 Мб и выше; необходимо  
на винчестере: не менее 64 Мб; ОС MacOS, Windows (XP,  
Vista, 7) / аналогичное; видеосистема встроенная;  
дополнительное ПО: Adobe Reader версия от 7.X или  
аналогичное. Защита от незаконного распространения:  
реализуется встроенными средствами Adobe Acrobat.

**СОДЕРЖАНИЕ**

Информационные системы и технологии	4	Information Systems and Technology
Теоретические основы радиоэлектроники	394	Theoretical Foundations of Electronics
Аннотации	490	Annotations
Авторы статей	516	Authors of Articles
Авторский указатель	534	The Author's Index

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

УДК 338.462

### ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ

**А. С. Аверкова, Е. Н. Трофимец**

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

*Рассматривается планирование логистических операций при формировании материально-технических средств системы МЧС России на примере оптимизационной модели транспортного типа. Приведены этапы решения по сбалансированной модели в MS Excel.*

*логистические операции, оптимизационные модели, вычислительная модель, сбалансированная модель, транспортная задача.*

В российских силовых структурах активное развитие информационно-аналитической деятельности приобрело характер одной из существенных тенденций последнего времени. В связи с этим существенно возрастают требования к качеству информационно-аналитической подготовки специалистов МЧС России, которые должны уметь решать не только типовые задачи учетно-расчетного характера, при решении которых доминирующую роль играет операционная составляющая, но также и сложные задачи аналитического характера. При решении задач аналитического характера доминирующую роль играет интеллектуальная составляющая, базирующаяся на умении анализировать текущее и прогнозировать будущее состояние ситуационных процессов в деятельности МЧС России, мыслить и действовать в изменяющихся условиях, моделировать и находить оптимальные решения, основанные на применении современных математических моделей, методов и информационных технологий.

Особенность информационно-аналитических технологий обучения состоит в том, что наряду с информационной составляющей в них доминиру-

ющую роль играет математическая составляющая, которая является ключевой компонентой инструментальных методов решения сложных аналитических задач [1, 2, 3, 4].

К одной из таких задач можно отнести планирование логистических операций при формировании материально-технических средств системы МЧС России.

Главной проблемой системы МЧС России, по мнению специалистов как потребителя материально-технических средств является существенный рост звенности товаропроводящей сети на всех её функциональных уровнях. Целью участников сети является обеспечение потребности системы в кратчайшие сроки с учетом конкурсов в рамках заданной сметы, исходя из запросов потребителя. Для того чтобы определить приоритет потребностей того, что нужно системе для выполнения своих функций в определенный момент времени, целесообразно обратиться к методам исследования, используемым в логистике.

Логистическая деятельность в системе МЧС России предусматривает следующие функции: распределение ресурсов и определение потребности в средствах снабжения, исходя из критериев значимости для заданного района с учетом прогнозируемых рисков, формирование связей и ведение реестра поставщиков в установленном законом порядке; координацию оперативного управления поставками и перевозками в условиях ЧС; формирование и регулирование запасов продукции как для обеспечения текущей деятельности, так и для функционирования системы РСЧС в особых режимах; определение потребности в перевозках продукции, их объемах и направлениях, последовательности и звенности передвижения продукции через региональные и промежуточные склады; развитие, размещение и организацию базовых складов; выполнение операций, непосредственно предшествующих и завершающих перевозку.

В качестве примера рассмотрим оптимизационные модели транспортного типа [5, 6]. Такие модели используются для составления наиболее экономичных планов перевозки продукции из нескольких пунктов отправления (например, складов) в несколько пунктов назначения (например, пожарно-спасательные части). Транспортную модель можно также применять и при рассмотрении ряда других практических ситуаций, связанных с управлением запасами, составлением сменных графиков, назначением исполнителей по рабочим местам и др. Кроме того, транспортную модель можно видоизменять, с тем, чтобы она учитывала перевозку нескольких видов продукции.

Сфокусируем свое внимание на вопросах разработки её компьютерной модели.

*Содержательная постановка задачи*

Компанией разрабатывается план обеспечения потребителей горюче-смазочными материалами (ГСМ). Исходные данные о запасах ГСМ в хранилищах, заявках на ГСМ в центрах распределения и стоимости перевозки 1 т ГСМ от хранилищ к центрам распределения представлены в нижеследующей таблице.

ТАБЛИЦА. Исходные данные транспортной задачи

Хранилища ГСМ	Центры распределения					Запасы ГСМ в хранилищах, т
	Центр 1	Центр 2	Центр 3	Центр 4	Центр 5	
Хранилище1	4	6	7	9	1	350
Хранилище2	6	4	1	2	2	200
Хранилище3	5	8	7	4	9	450
Хранилище4	2	3	8	5	7	350
Потребность в ГСМ, т	350	400	250	100	250	

Требуется разработать такой план доставки ГСМ от хранилищ к центрам распределения, чтобы общая стоимость перевозок была минимальной.

Рассматриваемая задача является транспортной задачей закрытого типа, или, другими словами, сбалансированной транспортной задачей.

Последнее название, на наш взгляд, является наиболее удачным, так как отражает условие сбалансированности запасов и потребностей, имеющееся в рассматриваемой задаче, т. е.:

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j, \quad (1)$$

где  $m$  – количество исходных пунктов (в рассматриваемой задаче количество хранилищ);  $n$  – количество пунктов назначения (в рассматриваемой задаче количество центров распределения);  $a_i$  – количество (объем) груза в  $i$ -м исходном пункте;  $b_j$  – количество (объем) груза, которое должно быть завезено в  $j$ -й пункт назначения.

Для рассматриваемой задачи имеем:  $\sum_{i=1}^4 a_i = 1350$ ,  $\sum_{j=1}^5 b_j = 1350$ , т. е.

$\sum_{i=1}^4 a_i = \sum_{j=1}^5 b_j$ , таким образом, она является сбалансированной.

Так как запасы равны потребностям, то все запасы будут вывезены, а все потребности будут удовлетворены. Данные условия можно записать в виде следующих уравнений:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i, \quad i = 1, \dots, m, \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j, \quad j = 1, \dots, n, \quad (3)$$

где  $x_{ij}$  – искомые переменные задачи – количество (объем) груза, которое должно быть перевезено с  $i$ -го исходного пункта в  $j$ -й пункт назначения.

Так как количество перевозимого груза не может принимать отрицательные значения, то в рассматриваемой задаче имеет место условие неотрицательности, т. е.:

$$x_{ij} \geq 0 \quad (4)$$

Выражения (2)–(4) образуют систему ограничений задачи, целевая функция в которой задается выражением:

$$F = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min, \quad (5)$$

где  $c_{ij}$  – стоимость перевозки одной единицы груза (в рассматриваемой задаче 1 т ГСМ) с  $i$ -го исходного пункта в  $j$ -й пункт назначения.

Выражения (1)–(5) и составляют общую математическую модель рассматриваемой задачи. Далее целесообразно перейти к разработке вычислительной модели задачи, используя информационные технологии, например, табличный процессор MS Excel.

Форма представления вычислительной модели задачи на рабочем листе MS Excel может быть самой различной.

Логика построения вычислительной модели задачи на рабочем листе достаточно проста и состоит в записи выражений (1)–(5) в «терминологии» MS Excel.

Находясь на рабочем листе с разработанной вычислительной моделью, вызывают на выполнение надстройку «Поиск решения».

В диалоговом окне «Параметры поиска решения» надо активизировать флажки «Линейная модель» и «Неотрицательные значения».

Нажимают кнопку «Выполнить» – получают решение задачи (рис.).

План перевозок является оптимальным. При данном решении значение целевой функции является минимальным и равно 4250 у. е.

Построенная модель сбалансированной транспортной задачи является платформой, на основе которой могут быть разработаны различные модифицированные модели, учитывающие разнообразные ситуации, возникающие в практической деятельности МЧС России.

	А	В	С	Д	Е	Ф	Г	Н	І
9									
10	Хр-ща ГСМ	Центры распределения					Уравнения (неравенства)		
11		Центр1	Центр2	Центр3	Центр4	Центр5	лев. часть (вывезено)	знак	прав. часть (запас)
12	Хр-ще1	50,00	50,00	0,00	0,00	250,00	350,00	=	350,00
13	Хр-ще2	0,00	0,00	200,00	0,00	0,00	200,00	=	200,00
14	Хр-ще3	300,00	0,00	50,00	100,00	0,00	450,00	=	450,00
15	Хр-ще4	0,00	350,00	0,00	0,00	0,00	350,00	=	350,00
16	лев. часть (завезено)	350,00	400,00	250,00	100,00	250,00			
17	знак	=	=	=	=	=			
18	прав. часть (потребн.)	350,00	400,00	250,00	100,00	250,00			
19	<b>Стоимость перевозки</b>						<b>4250,00</b>	<b>→</b>	<b>min</b>

Рисунок. Вычислительная модель задачи

**Список используемых источников**

1. Трофимец Е. Н. Информационные технологии математического моделирования в экономических вузах // Образовательные технологии и общество. 2012. Т. 15. № 1. С. 414–423.

2. Трофимец Е. Н. Информационно-аналитические технологии обучения менеджеров в образовательных учреждениях России и за рубежом // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Информатизация образования, 2010. № 1. С. 86–95.

3. Трофимец Е. Н. Федер. агентство по образованию, Яросл. гос. техн. ун-т. Ярославль : ЯГТУ, 2009. 170 с. ISBN 978-5-9914-0094-7.

4. Каменецкая Н. В. О повышении эффективности самостоятельной работы студентов в вузе // Современное образование: содержание, технологии, качество. 2016. Т. 2. С. 55–57.

5. Трофимец В. Я., Трофимец Е. Н. Оптимизация в Excel: учеб. Пособие. Ярославский государственный технический университет, Ярославль, 2008. 104 с. ISBN 978-5-9914-0028-2.

6. Трофимец Е. Н. Компьютерное моделирование в образовательном процессе студентов – экономистов // Информатика и образование. 2008. № 7. С. 118–119.

УДК 004.421

## ИНТЕГРАЦИЯ МОБИЛЬНОЙ INDOOR НАВИГАЦИИ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ IBEACON В СУЩЕСТВУЮЩЕЕ ВЕБ-РЕШЕНИЕ

**Р. А. Аверченков, Е. В. Каляшов, А. В. Тарлыков**

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*В статье описываются методы интеграции мобильных приложений на платформе Android с внешним web-сервисом. На примере системы позиционирования показан процесс взаимодействия мобильного и внешнего web-приложения. Web-приложение предоставляет описание и отображение объектов позиционирования – датчики, схемы комнат, необходимые координаты и т. п. Мобильное приложение осуществляет считывание данных iBeacon, расчет и позиционирование с использованием этих данных. Предложены дополнительные варианты интеграции приложений.*

*android, indoor навигации, мобильное приложение, iBeacon, интеграция, WebView.*

Современные мобильные устройства – смартфоны, планшеты – имеют значительную вычислительную мощность и оснащены набором разнообразных датчиков, что позволяет осуществлять сбор и предварительную обработку различных данных. В свою очередь, для проведения расчётов по сигналам датчиков обычно необходима конфигурационная информация, неким образом описывающая среду, в которой находятся мобильные устройства и размещены внешние датчики. Также результаты расчётов и данные с датчиков целесообразно хранить централизованно. В роли подобного хранилища может выступать внешний веб-сервис, который предоставляет требуемую информацию мобильным устройствам и принимает от них результирующие данные.

В случае решения задачи навигации в помещениях, примером конфигурационных параметров является информация о конфигурации помещений, параметрах внешних устройств и их расположении. Хранимые данные могут представлять собой записанные треки позиционирования мобильных устройств или считываемое с их помощью состояние внешних устройств и датчиков. При этом, зачастую, оказывается, что веб-сервис с необходимым набором функциональности уже реализован и представляет из себя обычное веб-приложение, которое желательно использовать для решения указанной задачи без разработки отдельного полноценного мобильного приложения. Для реализации данной задачи необходимо обеспечить взаи-

модействие между аппаратной частью мобильного устройства и веб-приложением. Одним из вариантов решения является использование различных JavaScript Device API [1]. Такой подход подразумевает ориентацию веб-приложения именно на мобильную платформу, что далеко не всегда выполняется. Также присутствуют существенные ограничения функциональности подобных API. Большие возможности предоставляет организация взаимодействия приложения на мобильном устройстве и веб-приложения на внешнем сервере. В таком гетерогенном комплексе нативная часть обеспечивает доступ к аппаратным датчикам и вычислительные ресурсы для предварительной обработки, а веб-часть – доступ к конфигурационным данным и отображение результатов в стандартном формате веб-приложения.

В качестве примера подобного взаимодействия рассмотрим вариант приложения, осуществляющего позиционирование мобильного устройства по сигналам, получаемым от iBeacon [2, 3] передатчиков – приборов, использующих BLE протокол для передачи своих идентификационных данных. Мобильное устройство, смартфон, производит сканирование окружающего пространства на наличие Bluetooth устройств, определяет протокол передачи и тип устройств. Устройства, работающие по протоколу iBeacon, используются в дальнейшем для позиционирования. Данные от этих устройств обрабатываются мобильным приложением, по значению уровня сигнала определяется удалённость смартфона от каждого из обнаруженных iBeacon передатчиков. В дальнейшем с использованием ряда методов может быть рассчитана позиция смартфона [4]. Для расчёта положения смартфона необходима информация о координатах каждого из iBeacon передатчиков, для отображения рассчитанной позиции дополнительно необходима схема помещения и информация о его размерах. Данная информация размещается во внешней базе данных и может предоставляться веб-приложением. При загрузке и отображении на веб-странице схемы помещения, становятся доступными и конфигурационные данные помещения, и датчиков в нем. Таким образом, мобильному приложению необходимо получить эти данные от веб-приложения, провести первичную настройку и приступить к расчётам положения.

В качестве средства интеграции был использован стандартный компонент платформы Android – WebView, позволяющий встраивать веб-страницы в приложение [5]. Таким образом, при загрузке страницы существующего веб-приложения на мобильном устройстве отображается схема помещения, как и в обычном браузере. Информация о помещении и конфигурации датчиков так же становится доступной нативному приложению через интеграцию с компонентом WebView. Реализована такая интеграция была следующим образом: компонент WebView даёт возможность инжектировать в себя Java объект, который впоследствии может быть использован кодом веб-приложения (на языке *JavaScript*) для вызова Java методов,

что позволяет обеспечить вызов методов, передачу параметров и получение результатов при взаимодействии с нативным приложением. Необходимо отметить, что существуют определённые ограничения на передачу параметров в таких методах. В обе стороны могут передаваться параметры примитивных типов и строковые параметры. Для обхода данного ограничения было предложено использование JSON представление сложных структур данных при взаимодействии нативного и веб-приложения.

На стороне нативного приложения (язык *Java*) JSON строка преобразовывалась в Java объект с использованием стандартной библиотеки, на стороне веб-приложения (язык *JavaScript*) использовалась как обычный JavaScript объект. Инжектируемый класс `WebAppInterface` реализует необходимые веб-приложению интерфейсы, позволяя инициализировать параметры, необходимые для расчётов, и получать результаты вычислений. При загрузке веб-страницы со схемой помещения, веб приложению необходимо определить – доступен ли интерфейс взаимодействия или нет (`__SM_NAV_PROVIDER__` на рис. 1.).

```
webView.addJavascriptInterface(
    new WebAppInterface(this),
    "__SM_NAV_PROVIDER__");

public class WebAppInterface {
    @JavascriptInterface
    public void start(String scheme) {...}

    @JavascriptInterface
    public String position() {...}
}
```

Рис. 1. Пример инжектирования интерфейсного Java объекта

В случае работы веб-приложения в обычном браузере, такого интерфейса не предоставляется и приложение работает в обычном режиме. Если загрузка веб-приложения произошла в компоненте `WebView` специального мобильного приложения, интерфейс доступен и возможно функционирование веб-страницы в расширенном режиме, используя аппаратные возможности мобильного устройства. Последовательность работы веб-приложения в данном случае следующая: производится вызов метода инициализации – `start()` и данные о помещении и ближайших `iBeacon` передатчиках передаются в приложение. В результате нативное приложение получает возможность рассчитывать данные позиционирования. Полученные результаты

веб-страница может считывать, периодически вызывая другой метод интерфейса – `position()`, с последующим отображением позиции на схеме.

Дополнительно возможен прямой вызов кода веб-страницы из нативного приложения, пример которого представлен на рис. 2.

```
webView.evaluateJavascript(  
    "некий код на языке javascript",  
    resultCallback)
```

Рис. 2. Пример прямого выполнения кода на веб странице из нативного приложения

Подобный способ позволяет избежать периодического опроса со стороны веб-приложения с помощью использования событийного подхода, но требует большей согласованности кода нативного и веб-приложений.

Использование данного подхода позволило в существующем веб-приложении обеспечить отображение положения мобильного устройства на схемах помещений с использованием нативного приложения, обрабатывающего данные, получаемые от передатчиков iBeacon. Необходимо отметить, что рассмотренный подход требует минимальных доработок существующего веб-приложения и, что достаточно важно, работа приложения в обычном браузере остаётся неизменной. Нет необходимости разрабатывать отдельную версию приложения для мобильного варианта использования, требуемые доработки сравнительно невелики.

Дальнейшее развитие описываемого взаимодействия может заключаться в автоматическом выборе схем помещений веб-приложением по данным позиционирования, получаемым от нативного приложения. Также это могут быть некие иницируемые сервером действия при приближении к заданным точкам, использование дополнительных датчиков для повышения точности позиционирования. Например, кроме передатчиков iBeacon могут быть использованы WiFi роутеры с известными координатами. Дополнительные данные от встроенных датчиков мобильных устройств, такие как акселерометр, датчик магнитного поля, барометр, позволяют уточнять перемещения устройства. Использование прямого вызова кода веб-приложения также позволит расширить возможности интеграции.

Перспективным выглядит и взаимодействие мобильного устройства с центральным сервером через предусмотренный API или посредством вызовов WebView. Это позволит осуществлять мониторинг состояния мобильных устройств, сохранять треки их перемещений или, например, производить автоматическое считывание и сохранение параметров различных

датчиков. Мобильные устройства здесь выступают в роли удалённых считывателей. Естественно, подобное развитие функциональности потребует доработки и нативного, и веб-приложений. Однако кардинального изменения структуры приложений не требуется, достаточно добавить необходимые точки взаимодействия, которые будут задействованы при работе данного комплекса.

Описываемый подход может быть расширен и на другие платформы, например, с использованием кроссплатформенного фреймворка Apache Cordova [6].

#### Список используемых источников

1. Marschalko M. 9 JavaScript APIs accessing Device Hardware [Электронный ресурс]. URL: <http://www.webondevices.com/9-javascript-apis-accessing-device-sensors>.
2. Townsend K., Cufi C., Akiba, Davidson R. Getting Started with Bluetooth Low Energy. O'Reilly Media, Inc., 2014. 180 p.
3. Matthew S. Gast. Building Applications with iBeacon. O'Reilly Media, Inc., 2014. 80 p.
4. Минахметов Р. М., Рогов А. А., Цымблер М. Л. Обзор алгоритмов локального позиционирования для мобильных устройств // Вестник ЮУрГУ. Серия «Вычислительная математика и информатика». 2013. Т. 2. С. 83–96.
5. Griffiths D., Griffiths David. Head First Android Development: A Brain-Friendly Guide. O'Reilly Media, Inc., 2015. 697 p.
6. Wargo J. M. Apache Cordova 4 Programming. Addison Wesley, 2015. 27 p.

*Статья представлена проректором по информатизации,  
кандидатом технических наук, доцентом А. А. Зарубиным.*

**УДК 004.056.5**

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ АКТУАЛЬНЫХ УГРОЗ БЕЗОПАСНОСТИ ИНФОРМАЦИИ В ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ НА ОСНОВЕ АППАРАТА НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ**

**В. С. Авраменко, В. Н. Беденков,  
Д. И. Бобрешов-Шишов, А. В. Маликов**

Военная академия связи имени Маршала Советского Союза С. М. Буденного

*Определение актуальных угроз безопасности информации является ключевой задачей защиты информации в современных инфокоммуникационных системах*

*различного назначения как на этапе создания, так в ходе эксплуатации. В статье рассматривается методика определения актуальных угроз безопасности информации с применением аппарата нечёткой логики.*

*инфокоммуникационная система, угроза безопасности, показатель, нечеткая логика, правило нечеткого вывода.*

Устойчивость функционирования современных инфокоммуникационных систем (ИС) различного назначения во многом определяется уровнем защищенности от угроз безопасности информации, в том числе от угроз несанкционированного доступа (НСД) и компьютерных атак (КА). Результаты оценки уровня защищенности информации является основой для принятия решения по построению системы защиты информации, применению методов и средств защиты.

В связи с активным развитием средств и способов реализации угроз безопасности информации актуальность задачи оперативной и точной оценки защищенности информации, включающей задачу определения актуальных угроз безопасности информации, существенно возросла.

Проведённый анализ существующих методик оценивания защищённости информации в ИС показал, что в основном применяются качественные или полукачественные методы оценки, требующие привлечения экспертов и не позволяющие оперативно получать точные результаты.

Возникает необходимость в совершенствовании существующих методик определения актуальных угроз безопасности информации с целью минимизации привлечения экспертов, повышения объективности оценивания как для проектируемых, так и существующих ИС, обеспечения процесса создания и применения систем защиты информации научно-методическим аппаратом, позволяющим принимать обоснованные решения по защите информации, определять рациональный вариант их реализации.

В качестве методологической основы процедуры оценивания актуальности угроз целесообразно использовать руководящий документ ФСТЭК [1], в котором приведена методика определения актуальных угроз безопасности персональных данных при их обработке в информационных системах персональных данных.

В соответствии с данной методикой актуальность  $i$ -й угрозы  $A_i$  безопасности информации в ИС определяется возможностью реализации угрозы  $R_i$  и уровнем ее опасности  $D_i$ , то есть  $A = f(R_i; D_i)$ .

С учетом [1] основные этапы методики оценки защищенности следующие:

1. Формирование перечня всех возможных для ИС угроз НСД.
2. Определение исходной защищённости ИС.
3. Определение вероятности каждой угрозы.
4. Определение опасности каждой угрозы.

## 5. Определение перечня актуальных угроз.

Значение показателя исходной степени защищённости ИС определяется в соответствии с [1]. На третьем этапе экспертным путем определяется вероятность реализации угрозы. В [1] под частотой (вероятностью) реализации  $i$ -й угрозы  $P_i$  понимается, определяемый экспертным путем, показатель, характеризующий насколько вероятным является реализация конкретной угрозы безопасности для данной ИС в складывающихся условиях обстановки, при этом каждому вербальному значению показателя ставится в соответствие числовой коэффициент, то есть  $Y_2 = f(P_i)$ .

Определение значения показателя  $P_i$  является сложной и ответственной задачей, требует глубокого знания угроз безопасности, закономерностей их реализации с учетом специфики конкретной ИС.

В условиях стохастической неопределенности угроз для оценки показателей может использоваться методологический аппарат, предложенный в [2, 3].

Для оценивания в более характерных для практики условиях лингвистической неопределенности может быть использован подход к оцениванию показателей защищенности на основе аппарата теории нечетких множеств и нечеткой логики [4, 5, 6].

В рамках исследуемой методики для определения значения  $P_i$  целесообразно использовать аппарат нечеткой логики, в частности – алгоритм нечеткого логического вывода Мамдани [7]. Выбор данного алгоритма обуславливается его большой распространенностью в практических приложениях, простотой нечеткого логического вывода и настроек параметров.

Для формирования базы правил системы нечеткого вывода для оценки реализации угрозы от НСД и КА в ИС необходимо определить входные и выходные лингвистические переменные. В качестве входных лингвистических переменных предлагается использовать  $b_1$  – «Уровень значимости предпосылок для реализации  $i$ -й угрозы» и  $b_2$  – «Уровень мер по защите информации от  $i$ -й угрозы». В качестве выходной лингвистической переменной используется  $b_3$  – «Вероятность реализации  $i$  угрозы».

Система нечеткого вывода будет содержать правила нечетких продукций, в формальном виде представленных в таблице.

ТАБЛИЦА. База правил нечетких продукций

№ п/п	Правило нечетких продукций
1	ЕСЛИ « $b_1$ есть низкий» И « $b_2$ есть низкий» ТО « $b_3$ есть низкий»
2	ЕСЛИ « $b_1$ есть низкий» И « $b_2$ есть средний» ТО « $b_3$ есть маловероятно»
3	ЕСЛИ « $b_1$ есть низкий» И « $b_2$ есть высокий» ТО « $b_3$ есть маловероятно»
4	ЕСЛИ « $b_1$ есть средний» И « $b_2$ есть низкий» ТО « $b_3$ есть средний»

№ п/п	Правило нечетких продукций
5	ЕСЛИ « $b_1$ есть средний» И « $b_2$ есть средний» ТО « $b_3$ есть низкий»
6	ЕСЛИ « $b_1$ есть средняя» И « $b_2$ есть высокий» ТО « $b_3$ есть маловероятно»
7	ЕСЛИ « $b_1$ есть высокий» И « $b_2$ есть низкий» ТО « $b_3$ есть высокий»
8	ЕСЛИ « $b_1$ есть высокий» И « $b_2$ есть средний» ТО « $b_3$ есть средний»
9	ЕСЛИ « $b_1$ есть высокая» И « $b_2$ есть высокий» ТО « $b_3$ есть низкий»

В качестве терм-множества первой входной лингвистической переменной целесообразно использовать множество  $T_1 = \{\text{«низкий»}, \text{«средний»}, \text{«высокий»}\}$  с функциями принадлежности, представленными на рис. 1.

В качестве терм-множества второй входной лингвистической переменной целесообразно использовать множество  $T_2 = \{\text{«низкий»}, \text{«средний»}, \text{«высокий»}\}$  с функциями принадлежности, представленными на рис. 2.

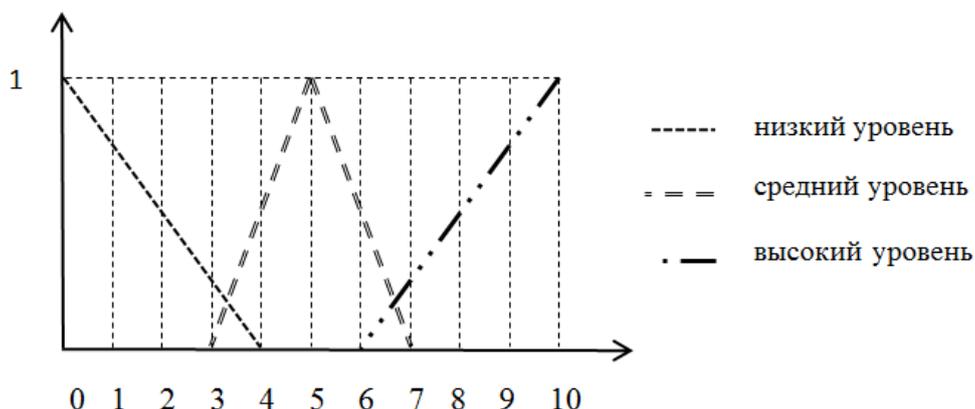


Рис. 1. Графики функций принадлежности для термов входной лингвистической переменной «Уровень значимости предпосылок для реализации угрозы»

В качестве терм-множества выходной лингвистической переменной для приведения в соответствие с приведенными в [1] значениями показателя вероятности реализации угрозы целесообразно использовать множество  $T_3 = \{\text{«маловероятно»}, \text{«низкая вероятность»}, \text{«средняя вероятность»}, \text{«высокая вероятность»}\}$  с функциями принадлежности, представленными на рис. 3.

Все этапы алгоритма нечеткого вывода по алгоритму Мамдани выполняются стандартным образом в соответствии с [2], на этапе аккумуляции целесообразно использовать метод центра тяжести. Далее в соответствии с [1] определяется значение  $Y_2$ , коэффициент реализуемости угрозы  $Y_i$ , и вербальная интерпретация реализуемости угрозы  $R_i = R(Y_i)$ .

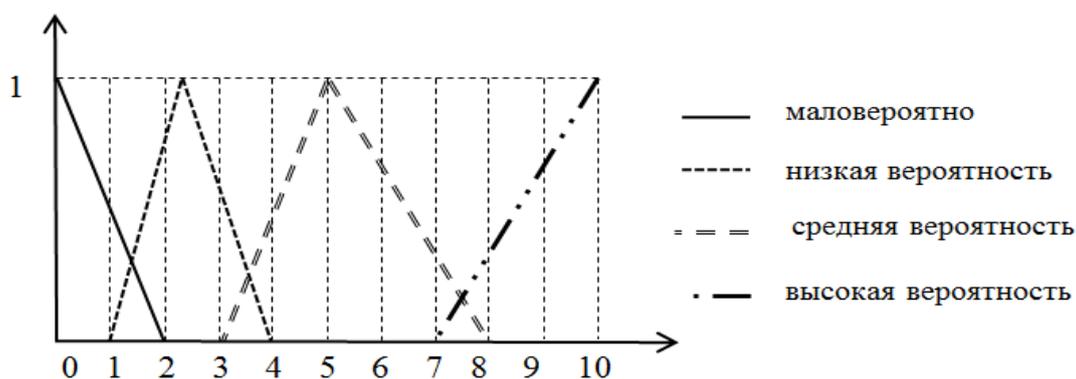


Рис. 2. Графики функций принадлежности для термов входной лингвистической переменной «Уровень мер по защите информации от угрозы»

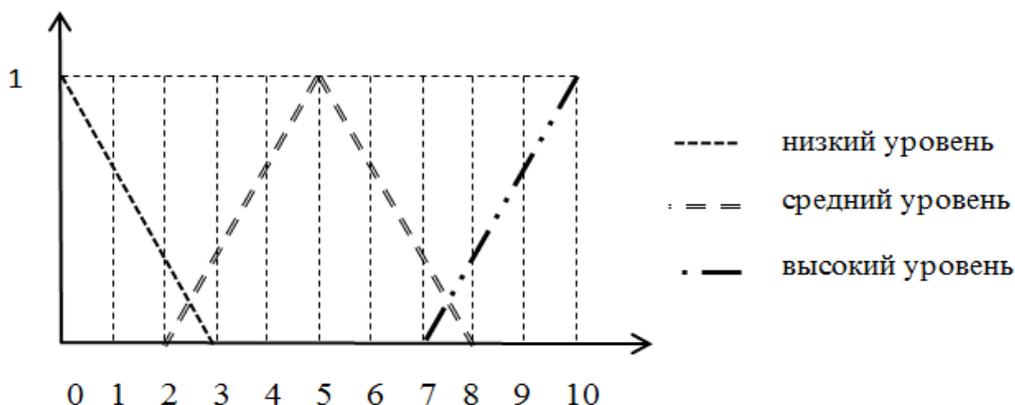


Рис. 3. Графики функций принадлежности для термов выходной лингвистической переменной «Вероятность реализации угрозы»

На четвёртом этапе оценивается опасность каждой угрозы  $D_i$ . На пятом этапе проводится определение актуальных угроз для оцениваемой инфокоммуникационной системы в соответствии с правилами, приведенными в [1].

Методика определения актуальных угроз с уточненной моделью оценки вероятности реализации угрозы может использоваться как на этапе создания инфокоммуникационной системы, так и ходе ее эксплуатации для оперативного реагирования на новые угрозы безопасности информации.

Программная реализация методики угроз позволяет обеспечить автоматизированное управление защитой информации на верхнем уровне управления инфокоммуникационными системами в соответствии предложенной в [8] с моделью управления.

В целом представленный в статье подход к оцениванию частных показателей актуальности угроз позволяет минимизировать необходимость привлечения экспертов для переоценки актуальности угроз и повысить оперативность оценивания за счет понижения сложности оцениваемых характеристик угроз.

**Список используемых источников**

1. Методика определения актуальных угроз безопасности персональных данных при их обработке в информационных системах персональных данных (утверждена зам. директора ФСТЭК России 14 февраля 2008 г.).
2. Авраменко В. С., Бушуев С. Н., Козленко А. В. Оценка защищенности информации от несанкционированного доступа в условиях стохастической неопределенности угроз // Вопросы радиоэлектроники. 2013. Т. 3. № 1. С. 82–95.
3. Авраменко В. С., Козленко А. В. Модель для количественной оценки защищенности информации от несанкционированного доступа в автоматизированных системах по комплексному показателю // Труды СПИИРАН. 2010. № 2 (13). С. 172–181.
4. Авраменко В. С. Методы оценки защищенности информации от несанкционированного доступа в условиях нечеткости // Проблемы информационной безопасности. Компьютерные системы. 2007. № 2. С. 27–31.
5. Авраменко В. С. Методы оценки защищенности информации от несанкционированного доступа на основе аппарата нечетких множеств // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. II Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. 2013. С. 30–34.
6. Авраменко В. С., Бушуев С. Н. Оценка защищенности информации на основе теории нечетких множеств // Вопросы радиоэлектроники. 2014. Т. 3. № 1. С. 142–148.
7. Леоненков А. В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. СПб.: БХВ-Петербург, 2005. 736 с.
8. Агеев С. А., Шерстюк Ю. М., Саенко И. Б., Полубелова О. В. Концептуальные основы автоматизации управления защищенными мультисервисными сетями // Проблемы информационной безопасности. Компьютерные системы. 2011. № 3. С. 30–39.

УДК 004.964

**МОДУЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОСТРОЕНИЯ  
СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ И КОМПЛЕКСОВ****С. В. Акимов<sup>1</sup>, Г. В. Верхова<sup>1</sup>, Х. Кходер<sup>2</sup>**<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный университет

*В настоящий момент модульный принцип построения систем получает все более широкое распространение благодаря гибкости и возможности быстрого комплексирования систем из унифицированных модулей. Так, в данной работе представлена информация о концепции модульности и модульном принципе для достижения надлежащей гибкости при проектировании технических сложных систем.*

*проектирование, сложная система, гибкая система, унифицированный модуль, модульная технология, модульный принцип.*

Совершенная система должна выполнять своё предназначение, быть гибкой, расширяемой, с достаточной функциональностью, устойчивой и понятной для пользователя, совместимой с существующими стандартами, переносимой на другие платформы и эффективной. Очевидно, что создать систему с перечисленными критериями достаточно сложно. В решении данной задачи помогут модульные технологии [1, 2]. Принцип модульного построения систем общеизвестен и широко используется в самых различных областях [3, 4, 5], в том числе при разработке систем управления.

Понятие «модуль» в общем смысле означает составную часть, отделимую или хотя бы мысленно выделяемую из целого. Модульной, как правило, называют вещь, состоящую из чётко выраженных частей, которые нередко можно убирать или добавлять, не разрушая вещь в целом. В технике модулем называется самостоятельный узел сложной инженерной системы, выполняющий собственную индивидуальную задачу. Как правило, модули могут быть отсоединены от целой системы.

В области проектирования модульное проектирование является проектным подходом, подразделяющим системы на более мелкие части, называемые модулями, которые могут быть независимо созданы и затем использоваться в различных системах. Метод проектирования, который можно называть «модульным», должен удовлетворять двум основным требованиям: декомпозиции и композиции. Композиция не зависит от декомпозиции. Фактически эти критерии часто противоречат друг другу.

Если поставлена сложная, большая задача, то её необходимо разложить на несколько более простых подзадач, при этом подзадачи должны быть независимыми друг от друга. Таким образом, можно проконтролировать качественное выполнение каждой подзадачи в отдельности, что значительно упрощает процесс качественного решения задачи целиком. Разделять задачу на подзадачи, а подзадачи, в свою очередь, на ещё более простые подзадачи необходимо, пока не сможем сконцентрироваться на их решении. Этот процесс называется декомпозицией (рис. 1), и в декомпозиции обозначаются будущие модули системы. Итак, в процессе декомпозиции появилось множество подзадач. Их решения образуют модули при условии соблюдения нескольких правил:

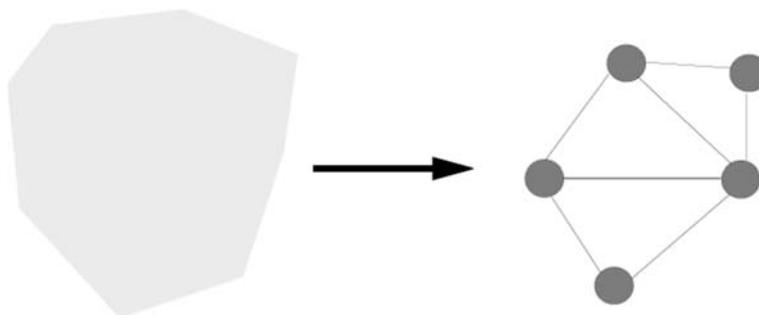


Рис. 1. Декомпозиция

– назначение модуля должно быть понятно без изучения его внутреннего строения. Само собой, функции некоторых модулей специфичны и могут быть непонятны для не опытных пользователей, но это оправдано, если сама задача специфична. Модули, решающие неизвестную задачу, не актуальны. Назначение модуля описывается одним словосочетанием;

– модуль должен разрабатываться с целью повторного использования в разных задачах. Для этого при проектировании модуля необходимо абстрагироваться от конкретной задачи, превращая его в «шестеренку» для различных процессов. В итоге на основе одних модулей будут создаваться новые. Хотя в конечном счете для конкретного проекта все равно будут получены узкоспециализированные модули, при их разработке необходимо выделить базовую функциональность в отдельные модули, иначе потребность в немного отличающемся модуле приведет к дублированию уже реализованных функций;

– модуль должен быть самодостаточным, но не избыточным. Самодостаточным является модуль, полностью выполняющий свою задачу. Избыточность возникает, если посредством данного модуля решаются несколько разных задач или модуль обладает разными функциями для решения одной и той же задачи. Таким образом, избыточность представляет собой признак незавершенной декомпозиции;

– интерфейс модуля должен быть унифицированным. Не имеет значения, как внутренне реализуется модуль, но нужно знать, как им пользоваться. Система не в состоянии применять к каждому модулю индивидуальный подход, поэтому их внешнее строение должно быть единообразным.

Все правила способствуют соблюдению друг друга и приводят к следующему шагу построения модульной системы. На данном этапе решения разложенной на части большой задачи необходимо соединить в единое правильное решение. При этом модули должны свободно объединяться для получения нужной функциональности. Объединять или связывать между собой модули нужно с сохранением их независимости. Этот процесс называется композицией (рис. 2). В процессе композиции необходимо соблюдать несколько правил:

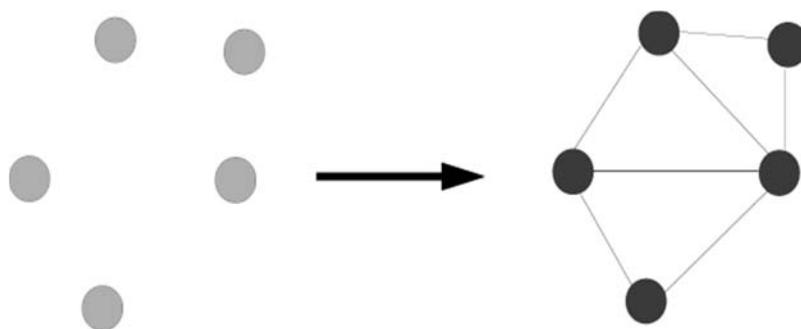


Рис. 2. Композиция

– модули должны образовывать простую унифицированную композицию. Это нужно для того, чтобы работа с одной частью композиции не отличалась от работы с другой;

– изменения в модуле не должны затрагивать другие модули. В редких случаях допустимо обновление модуля с требованием обновления некоторых других модулей;

– ошибки в одном модуле не должны распространяться на другие модули. В оптимальном случае должен прекратить работу только неисправный модуль. Приемлемо учесть нестабильность работы модуля в соседних модулях;

– минимизация связей между модулями. С этой целью возможен вариант с централизованной связью, когда взаимодействие происходит через центр системы. Наилучшая расширяемость получается, когда модули взаимодействуют только с соседними себе модулями, при этом нет требований к соседям. На практике оба варианта комбинируются;

– модули должны обмениваться минимальным объемом информации. Если для запуска модуля потребуется передавать множество аргументов, то это приведет к усложнению его повторного применения в других задачах. Таким образом, канал связи должен быть максимально простым;

– минимизация выбора варианта использования модуля. Если модуль предполагает много вариантов использования, то оптимальным решением будет создание посредника, который осуществляет выбор варианта, а все остальные модули работают через посредника;

– изменение функциональности достигается созданием новых модулей на основе существующих. Недопустимо редактировать уже используемый модуль, так как потребуется обновлять другие модули, использующие редактируемый.

Процесс построения модульной системы рекурсивный. Это означает, что на практике за один раз не произвести полную декомпозицию задачи, также за раз не построить композицию. Потребуется повторно выполнять декомпозицию, заново выявлять взаимосвязи, корректировать композицию, и так далее. Модульные технологии используются в самых разных сферах деятельности: в электронике; информатике; технике; архитектуре; строительстве, и так далее. Одной из областей, где используются модульные технологии, является построение радиоэлектронных средств (РЭС) [6, 7, 8]. Основные понятия, относящиеся к магистрально-модульному построению (РЭС), были сформулированы еще в 1980-е годы (ГОСТ 26632) [9], а в 2003 г. они были пересмотрены в соответствии с современными тенденциями развития РЭС (ГОСТ Р 52003) [10].

В заключение модульная технология представляет собой ключ гибкой, расширяемой системы. Функциональность формируется из готовых решений, выбираются нужные, убираются не нужные модули. Кроме этого, реализуется совместимость с другими приложениями. Новые модули создаются на основе уже существующих. За счет распределения сложных задач на несколько простых автономных качественно достигается корректность и устойчивость системы, а также упрощается работа над проектом в команде.

#### Список используемых источников

1. Vasawade, R., & Deshmukh, B., & Kulkarni, V. (2015). Modularity in design: A review. 2015 International Conference on Technologies for Sustainable Development (ICTSD). PP. 1–4.
2. Levin, M. (2015). Modular System Design and Evaluation. Switzerland: Springer International Publishing.
3. Martín, J., & Nevado, A., & Martínez, A. (2016). Low cost programmable modular system to perform In-Circuit Test (ICT). 2016 Technologies Applied to Electronics Teaching (TAEE). PP. 1–7.
4. Heilemann, M., & Culley, S. (2015). Capability audit for modular system development. 2015 IEEE International Symposium on Systems Engineering (ISSE). PP. 398-405.
5. Zakarian, A., & Rushton, G. (2001). Development of modular electrical systems. IEEE // ASME Transactions on Mechatronics. 2001. N 6 (4). PP. 507–520.
6. Акимов С. В., Демидов А. А, Никифоров О. Г. Методология комплексных моделей системных объектов // Вопросы радиоэлектроники. Серия «Системы отображения информации и управления спецтехникой (СОИУ)». 2012. Вып. 2. С. 138–149.
7. Шубарев В. А., Меткин Н. П., Зверев В. Н. Магистрально-модульное построение РЭС – стратегическое направление радиоэлектронного приборостроения // Электроника: наука, технология, бизнес. 2008. Спецвыпуск. С. 20–23.
8. Акимов С. В. Проектирование автоматизированных систем (поддержка магистрально-модульного принципа построения РЭА и интегративные модели): учебное пособие (спец. 220301), СПбГУТ. СПб., 2010.
9. ГОСТ 26632-85. Уровни разукрупнения радиоэлектронных средств по функционально-конструктивной сложности. Термины и определения. Утвержден: Госстандарт СССР, 23.10.1985.
10. ГОСТ Р 52003-2003. Уровни разукрупнения радиоэлектронных средств. Термины и определения // Электронный текст документа, подготовлен АО «Кодекс» и сверен по: официальное издание. М.: Стандартинформ, 2005.

УДК 004.514

## РАЗРАБОТКА АДАПТИВНОГО ГРАФИЧЕСКОГО ИНТЕРФЕЙСА ДЛЯ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ

**С. В. Акимов, Г. В. Верхова, М. М. Осипенко, Я. А. Плетнев**

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*В статье приведены результаты разработки адаптивного дизайна для системы электронного обучения, VLab, разработанной на кафедре автоматизации предприятий связи СПбГУТ им. проф. М. А. Бонч-Бруевича. Платформа VLab имеет веб-интерфейс и не требует установки на компьютер пользователя какого-либо специального программного обеспечения. Адаптивный дизайн позволяет достаточно комфортно работать с приложением на устройствах с любым разрешением, начиная от мобильного телефона, заканчивая рабочей станцией.*

*адаптивный дизайн, мультимедиа, учебно-методический комплекс, веб-технологии, электронное обучение, дистанционное обучение, HTML5, CSS3, JavaScript.*

Гибридное обучение, предполагающее широкое применение систем электронного обучения при подготовке современных специалистов, получает все более широкое распространение [1, 2]. Грамотно созданные интерактивные учебно-методические комплексы переводят учебный процесс на качественно новый уровень, повышают степень эффективность работы преподавателей, тиражирование лучших методик и учебно-методических материалов. Однако, как при создании платформ электронного обучения, так и при разработке контента (интерактивных учебно-методических комплексов дисциплин) возникает ряд организационных, технических и методологических проблем. Трудность внедрения систем электронного обучения часто возникает из-за отсутствия в платформах учета эргономики и особенностей учебного процесса. В системе электронного обучения должны учитываться особенности психологического восприятия материала [3, 4], а также развитие мобильных технологий, которые являются особенно популярными в молодежной среде.

В статье приводятся результаты разработки адаптивного дизайна для системы электронного обучения VLab, глубоко интегрированной в киберсреду виртуальных предприятий [5]. Платформа VLab имеет веб-интерфейс и не предполагает установки на компьютер пользователя какого-либо специального программного обеспечения.

Адаптивный дизайн предполагает качественное отображение контента на устройствах с любым разрешением, начиная от мобильного телефона, заканчивая рабочей станцией. На рис. 1 приведен пример отображения сгенерированного отчета на экране персонального компьютера и мобильного телефона. Дизайн автоматически подстраивается под разрешение экрана устройства пользователя.

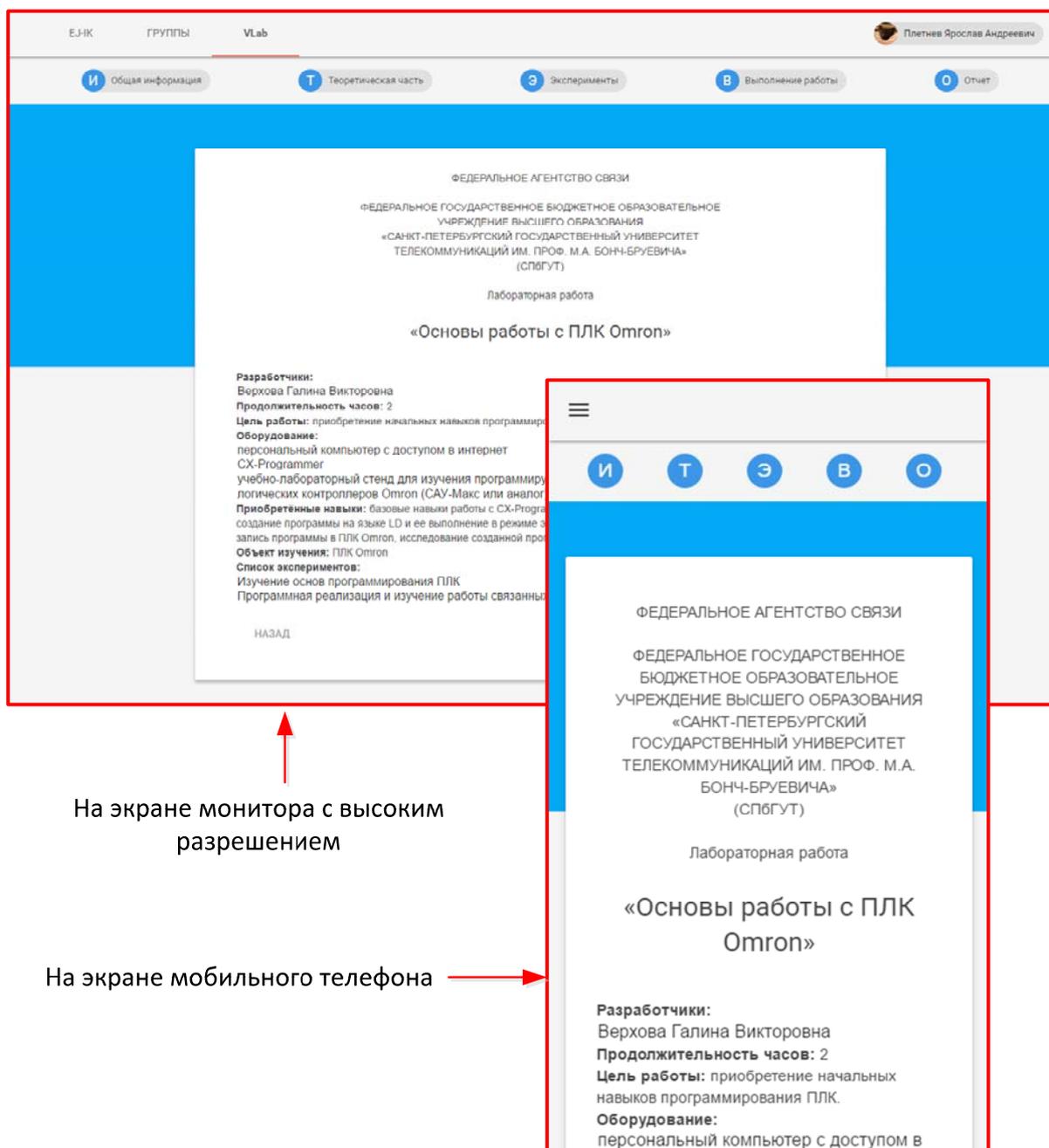


Рис. 1. Адаптация вывода контента под разрешение устройства, на котором осуществляется просмотр

При разработке пользовательского интерфейса учитывались психологические особенности восприятия информации. Цветовая гамма была выбрана с учетом назначения системы и возрастного контингента пользователей. Для удобства использования системы интенсивно использовано цветовое выделение, на рис. 2 показана страница с индивидуальными и групповыми заданиями, содержащимися в образовательном модуле. С помощью данного выделения осуществляется представление информации о статусе задания (не начато выполнение, на проверке, на доработке, зачтено).

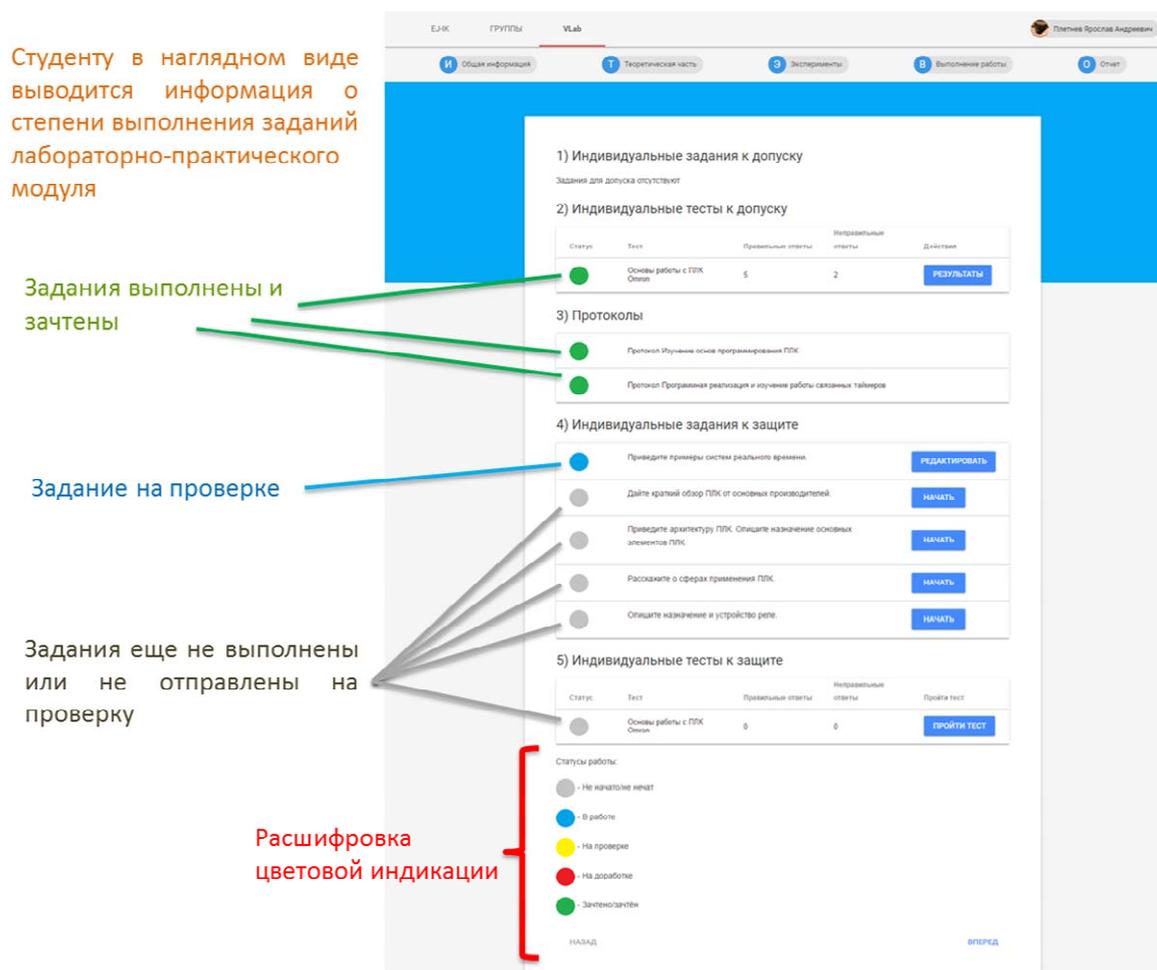


Рис. 2. Экранная форма с информацией о заданиях студентам

При создании интерфейса пользователя были использованы только технологии, соответствующие требованиям стандартов Консорциума Всемирной паутины (World Wide Web Consortium, W3C) [6], что гарантирует адекватную работу интерактивных учебно-методических комплексов на большинстве клиентских устройств разных типов (персональных компьютерах, планшетах, смартфонах).

**Список используемых источников**

1. Minkovska D., Ivanova M., Yordanova M. Didactic principles of eLearning – Design and implementation of an interactive adaptive learning system // 15th International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training (ITHET), 2016. PP. 1–6.
2. Акимов С. В., Верхова Г. В. Распределенная информационно-аналитическая система комплексной автоматизации академической деятельности // Телекоммуникации. 2014. № 5. С. 15–19.
3. Usability And User Experience In Training. URL: <https://elearningindustry.com/usability-and-user-experience-training> (дата обращения: 25.11.2016).
4. Elkins D., Pinder D. E-Learning Fundamentals: A Practical Guide. ATD Press. 2015.
5. Акимов С. В., Белоус К. В., Верхова Г. В., Осипенко М. М. Разработка автоматизированной системы управления мультимедийным контентом методических указаний к выполнению лабораторных работ // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. V Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. 2016. С. 218–221.
6. Сайт Консорциума Всемирной паутины. URL: <http://www.w3.org>.

УДК 004.896

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ  
И АЛГОРИТМОВ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО  
И СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО СИНТЕЗА****С. В. Акимов, Г. В. Верхова**

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*Приведены результаты сравнительного анализа целевых функций, моделей и алгоритмов параметрического и структурно-параметрического синтеза. Сформулированы требования к моделям структурно-параметрического синтеза, выполняемого поисковыми методами оптимизации. Показано, что модели и алгоритмы параметрического и структурно-параметрического синтеза образуют иерархическую структуру, что имеет методологическое значения для интеграции научно-технических знаний.*

*синтез, анализ, структурно-параметрический синтез, параметрический синтез, поисковые методы, модель, целевая функция, алгоритм, оптимизация, интеграция научно-технических знаний, универсальная модель.*

Автоматизация структурно-параметрического синтеза технических устройств представляет большое теоретическое и практическое значение. Есть все основания полагать, что принципиальным отличием систем автоматизированного проектирования (САПР) следующего поколения от ныне

существующих САПР будет наличие развитых модулей структурно-параметрического синтеза и глубокая интеграция в единое информационное пространство постиндустриального общества (CALS третьего поколения). Однако создание универсальных систем, автоматизирующих процесс структурно-параметрического синтеза для широкого класса устройств, наталкивается на ряд трудностей, среди которых недостаточная проработка методологических вопросов, выявляющих особенности моделей и алгоритмов, пригодных для решения данного рода задач. Целью данной статьи является проведение сравнительного анализа моделей и алгоритмов параметрического и структурно-параметрического синтеза.

В процессе параметрической оптимизации изменяются лишь параметры элементов, составляющих структуру проектируемого устройства, а сама структура остается неизменной, при структурно-параметрической – изменяются как параметры, так и структура устройства. При структурно-параметрическом синтезе разработчик получает большую свободу при создании целевой функции, являющейся формализованным заданием на синтез. При параметрическом синтезе применение ограничений на критерии ограничено тем, что при данной структуре проектируемого устройства совокупное выполнение ограничений может оказаться недостижимым. В рамках структурно-параметрического синтеза такая проблема отсутствует и если алгоритм разработан правильно, техническое задание является корректным, а морфологическое множество содержит структуру, при которой выполняются данные ограничения, то с большой долей вероятности решение, удовлетворяющее условиям технического задания, будет найдено.

Если целевые функции, используемые в структурном и структурно-параметрическом синтезе во многом схожи, то модели, необходимые для этих двух видов синтеза, существенно различны (табл. 1, рис.). При параметрической оптимизации поиск осуществляется в пространстве параметров номиналов элементов, следовательно, в модели изменяются лишь параметры элементов, составляющих структуру проектируемого устройства, а сама структура в процессе оптимизации остается неизменной.

При структурно-параметрическом синтезе поиск осуществляется в пространстве как структур, так и номиналов элементов этих структур, следовательно, необходимо моделировать не отдельно взятое устройство, а весь класс проектируемых устройств. Назовем такую модель *универсальной моделью*. Если методики создания математических и компьютерных моделей конкретно взятых устройств подробно разработаны и реализованы в широко применяемых пакетах (Multisim, Microwave Office, ANSYS), то с методиками моделирования классов устройств дела обстоят иначе.

ТАБЛИЦА 1. Сравнение моделей для структурного и структурно-параметрического синтеза

Синтез	
параметрический	структурно-параметрический
Структура модели фиксирована и не изменяется в процессе синтеза	Структура модели заранее неизвестна и модель формируется автоматически
Изменяются только параметры (номиналы элементов). Поиск осуществляется в пространстве параметров	Изменяются как структура, так и параметры. Поиск осуществляется в пространстве структур и параметров
Размерность вектора параметров фиксирована	Размерность вектора параметров заранее неизвестна и может быть определена только после того как будет определена структура

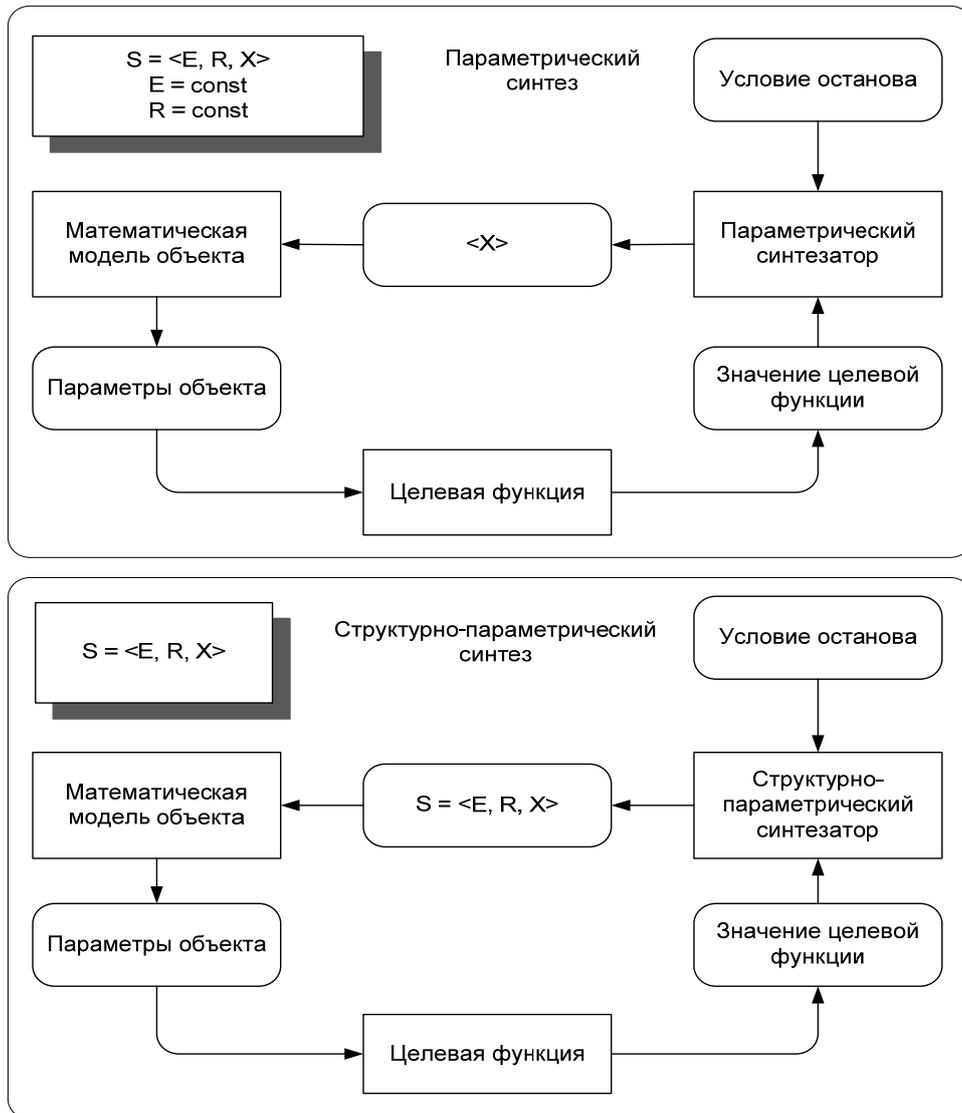


Рисунок. Сравнение схем параметрического и структурно-параметрического синтеза

Синтез устройств может проводиться как аналитическими, так и численными методами. В первом случае используется алгоритм, позволяющий получить как структуру устройства, так и параметры элементов из ее составляющих, причем устройство обычно получается оптимальным. Однако такие алгоритмы известны лишь для некоторых классов устройств, и эти алгоритмы специализированные, и подходят лишь для синтеза устройств рассматриваемого класса. Во втором случае алгоритм синтеза неизвестен и задача решается с помощью поисковых оптимизационных методов. Данные алгоритмы делятся на алгоритмы параметрического (если они позволяют найти параметры элементов при заданной структуре) и структурно-параметрического синтеза (если они позволяют найти как структуру, так и параметры элементов).

Алгоритмы, в основу которых положены аналитические методы, используют знания теории исследуемых устройств (предметной области) и методы базовой дисциплины (в радиотехнике – теории цепей, в механике – сопромат и теория пластичности и т. д.). Достоинством таких алгоритмов является их высокая эффективность, так как они обычно позволяют синтезировать устройство за одну итерацию. Более того, устройство часто получается оптимальным по заданным критериям. Недостатком этих алгоритмов является то, что они известны далеко не для всех классов устройств, а их создание является чрезвычайно трудоемким и требует от исследователя высочайшей квалификации.

Алгоритмы параметрического синтеза помимо теории предметной области и базовой дисциплины включают в себя оптимизационные методы (табл. 2, см. ниже). Достоинством таких алгоритмов является более высокая гибкость, а также и они пригодны практически для любых классов устройств, когда известна их структура. Другим достоинством является их высокая унификация, так как в пределах устройств с общей базовой дисциплиной меняться будут только структуры устройств и целевые функции. Недостатками является достаточно высокие требования к вычислительным ресурсам, не гарантируется, что спроектированное устройство будет оптимальным, а главное – выбор структуры синтезируемого устройства не всегда бывает очевидным.

Структурно-параметрический синтез помимо дисциплин, используемых в параметрическом синтезе, требует использование инженерии знаний и теории искусственного интеллекта [1, 2, 3]. Синтез структур является труднофармализуемой задачей и поэтому в нем используются как методы дискретной оптимизации, так и эвристические (морфологические методы, биоинспирированные) [4, 5, 6, 7]. Достоинством структурно-параметрического синтеза является его гибкость и универсальность. Он позволяет находить как структуру устройства, так и параметры элементов, причем класс

проектируемых объектов, в отличие от синтеза, проводимого аналитическими методами, достаточно широк. Условием возможности его применения является наличие универсальных моделей проектируемых устройств. Недостатками, как и в случае параметрического синтеза, является отсутствие гарантии достижения глобального оптимума, и, кроме того, такие алгоритмы предъявляют очень высокие требования к вычислительным ресурсам, а программная система, их реализующая, оказывается достаточно сложной.

ТАБЛИЦА 2. Сравнение разных видов синтеза

		Вид синтеза	Методы вовлеченных дисциплин	Возможности
Методы синтеза	аналитические	Синтез, проводимый аналитическими методами	Теория синтезируемых устройств + базовой дисциплины	Структурно-параметрический синтез в замкнутой форме узкого класса устройств (обычно достаточно простых)
	численные	Параметрический синтез	Теория синтезируемых устройств + базовой дисциплины + оптимизационные	Синтез любых устройств, для которых задана структура и имеется математическая модель
		Структурно-параметрический синтез	Теория синтезируемых устройств + базовой дисциплины + оптимизационные + инженерии знаний и теории искусственного интеллекта	Любых устройств, принадлежащих классу, для которого имеется универсальная модель

Рассмотренные модели и алгоритмы синтеза образуют иерархию, в которой каждый последующий класс алгоритмов является более универсальным и интегрирует все большее число дисциплин, что помимо расширения диапазона применимости имеет важное методологическое значение, способствующее дальнейшей интеграции научно-технических знаний.

#### Список используемых источников

1. Автоматизация поискового конструирования / под ред. А. И. Половинкина. М. : Радио и связь, 1981. 344 с.
2. Борисов А. Н., Вилломс Э. Р., Сукур Л. Я. Диалоговые системы принятия решений на базе МИНИ-ЭВМ: Информационное, математическое и программное обеспечение. Рига : Зинатне, 1986. 195 с.
3. Клир Дж. «Системология. Автоматизация решения системных задач». М. : Радио и связь, 1990. 534 с.

4. Sripramong T., Toumazou C. The Invention of CMOS Amplifier Using Genetic Programming and Current-Flow Analysis // IEEE transactions on computer-aided design of integrated circuits and systems. 2002. Vol. 21, № 11. PP. 1237–1252.

5. Koza J. R., Bennett F. H., Andre D., Keane M. A., Frank D. Automated Synthesis of Analog Electrical Circuits by Means of Genetic Programming // IEEE trans. on Evolutionary Computation. 1997. Vol. 1, № 2. PP. 109–128.

6. Акимов С. В. Мультиагентная модель автоматизации структурно-параметрического синтеза // Системы управления и информационные технологии. 2005. Т. 20. № 3. С. 45–48.

7. Zwicky F. Discovery, Invention, Research through the Morphological Approach. New York : McMillan, 1969. 276 p.

УДК 004.622

## МЕТОД АВТОМАТИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ОТНОШЕНИЙ В МАТЕРИАЛАХ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Е. Е. Андрианова<sup>1</sup>, О. Ю. Сабинин<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

*В статье сформулированы задачи автоматической обработки текстовой информации, которые возникают при работе с учебно-методическими комплексами. Определено, что одной из проблем является выявление функциональных отношений, рассмотрен метод автоматического определения функциональных отношений в материалах учебно-методических комплексов.*

*автоматическая обработка текстов, функциональные отношения, учебно-методический комплекс, программные средства, текстовые документы, естественный язык.*

В условиях современного мира людям все время приходится сталкиваться с большими объемами информации, огромное количество времени затрачивается на работу по анализу текстовых документов, иногда требуется не только проанализировать какой-то файл, но и согласовать его по некоторым параметрам с другими файлами. Не обошла эта проблема и сферу образования, в учебных заведениях ведется большая работа по составлению различных документов, написанию учебников, пособий и т. д. [1] Таким образом, может возникать потребность в согласовании нескольких файлов, относящихся к учебно-методическим материалам (УММ) одной дисциплины.

В УММ могут входить [2]:

- конспект лекций,
- учебное пособие,
- указания к выполнению лабораторных работ и много других документов.

Такая работа занимает много времени и требует большого внимания. Поэтому встает задача автоматизации этого процесса. Требуется извлекать из текстов на естественном языке смысловые структурные единицы, которые необходимы к проверке на согласованность между собой.

Для выделения из текстов необходимой информации требуется проанализировать ее, выбрать нужную информацию и сравнить с другими документами. Выявление в тексте некоторых структур задача не из легких, так как текст, написанный на естественном языке (ЕЯ) отличается своей нелинейностью, сложно поддается формализации [3]. Задача автоматизации этого процесса требует от компьютера понимания ЕЯ. В отличие от языков программирования, в естественных языках присутствует многозначность. В данном случае это русский язык, что делает задачу еще более сложной, так как, большинство программ, предназначенных для обработки текста на естественном языке, работают с английским языком. Но и в этом направлении ведутся активные разработки, существуют методы, которые можно применить и для работы с русским языком.

На протяжении последних десятилетий проводятся активные исследования в области формализации содержания текстовой информации [4]. Они основываются на достижениях в исследованиях по компьютерной лингвистике. Результаты этих теоретических исследований находят все большее применение в автоматизации процессов обработки информации и построении интеллектуальных информационных систем в различных отраслях науки.

УММ имеют свою отличительную структуру (например, по сравнению с художественными текстами) и эту особенность нужно учитывать при разработке систем по извлечению информации из таких текстов [5]. Выявление структуры текста позволит более качественно получать необходимые данные. Каждый текст содержит в себе функционально значимые части, из которых строятся более крупные части и тексты в целом.

Необходимо определять функциональные отношения в тексте, чтобы разбор текста на фрагменты был более осмысленным. Для решения нашей задачи нужно разработать метод автоматического определения функциональных отношений в файлах учебно-методических материалов.

Основной задачей в формировании структуры текста является определение набора функциональных отношений между элементарными текстовыми элементами (ЭТЭ), другими словами, между частями предложений. Использование глубокого семантического анализа текста лежит в основе

многих известных подходов к решению такой задачи. Эти подходы требуют полных баз знаний и соответствующие словари русского языка, и не доведены до практической реализации из-за своей сложности.

Согласно теории риторической структуры (ТРС), предложенной Mann William и Thompson Sandra [6] любой текст можно представить в виде графа, узлы которого это элементарные дискурсивные единицы (ЭДЕ) или группы таких единиц, называемые дискурсивными единицами (ДЕ). Узлы графа связывает один и тот же набор отношений на уровне выше отдельно взятого предложения, вне зависимости от уровня иерархии. Эти связи называют функциональными отношениями. Единицы дискурса существуют не каждая сама по себе, а добавляются автором к некоторым другим для достижения определенной цели. В каждом функциональном отношении участвуют две непрерывные составляющие, их размер может составлять как отдельную пропозицию (сюда может относиться именная группа), так и многие предложения (параграфы пособия).

Дискурсивная единица, вступающая в функциональное отношение, может меть в нем различные роли. Как правило, функциональные отношения, асимметричны. Компонент, который является более значимым, называется ядром, а менее значимый называют сателлитом. Сателлиты иногда можно опустить или заменить другими, при этом сохраняется функциональный эффект. Но, если опустить или изменить ядро, смысл текста меняется. Функциональные отношения в большинстве своем являются асимметричными и бинарными, то есть содержат ядро и сателлит.

Использование функциональных отношений позволяет осуществлять анализ текста, при этом анализ состоит в построении структуры текста, позволяющей облегчить его понимание.

Функциональные отношения выстраиваются в деревья, которые представляют собой риторическую структуру текста. При построении таких деревьев нужно использовать основные положения теории риторической структуры, к которым относятся следующее [7]:

- ЭТЭ являются непересекающимися частями текста;
- у ЭТЭ в тексте различная значимость;
- функциональными отношениями связаны текстовые части различного объема;
- структуру текста можно представить в виде дерева.

По ТРС структуры текста, удовлетворяющие следующим ограничениям, являются корректными:

- если элементы одного уровня составляют непрерывный текст, то функциональные структуры являются деревьями;
- есть два типа элементов, это ядро и сателлит;
- только одно отношение может связывать каждый текстовый элемент.

Учитывая эти ограничения, получается, что функциональные структуры представляют собой деревья, смежные узлы этих деревьев составляют непрерывный текст. Некоторые отношения являются симметричными, а другие асимметричными, что обусловлено тем, что некоторые элементы играют большую роль, чем другие. Учитывая последнее ограничение, каждый элемент может быть либо ядром, либо сателлитом.

Метод, который позволяет формализовать описание структуры текста, содержит в себе:

- этап определения критерий корректности структуры текста;
- определение характеристики структуры текста;
- ограничения на корректные структуры.

Таким образом, чтобы определить функциональные отношения есть два этапа:

Первый этап включает в себя разбиение цельного текста на фрагменты, поиск ключевых фраз и определение границ ЭТЭ.

Второй этап заключается в построении множества функциональных отношений на основе набора фрагментов текста.

Исходя из ТРС, связанные тексты имеют внутреннюю структуру, которая характеризуется набором функциональных отношений. Таким образом, для решения задачи извлечения данных из УММ предлагается подход, основанный на анализе ключевых фраз.

Чтобы реализовать этот подход требуется составление специального словаря ключевых фраз, который будет содержать не только фразы, но и ряд некоторых параметров, связанных с каждой ключевой фразой, например, функциональное отношение, которое она сигнализирует.

Процесс определения функциональных отношений начинается с разделения текста на ЭТЭ. Ключевые фразы могут использоваться как индикаторы границ, а также определять отношения между ЭТЭ.

Определяются ключевые фразы, выбираются для каждой из них несколько текстов из корпуса русского языка (информационно-справочная система, основанная на собрании русских текстов в электронной форме), проводится анализ роли всех ключевых фраз в тексте, а также, какие функциональные отношения они определяют.

Первый этап характеризуется определением регулярных выражений для ключевых фраз, анализом текста в целом, после чего, запоминается положение ключевых фраз и других орфографических маркеров в тексте.

Далее, каждое предложение разбивается на элементарные текстовые элементы (ЭТЭ). С помощью анализатора текста его обрабатывают слева направо по предложениям и выполняют действия, связанные с набором маркеров. То есть входными данными является предложение со связанным с ним набором потенциальных ключевых фраз, а выходом является то же

предложение, разбитое на ЭТЭ с установленными реальными ключевыми фразами (которые сигнализируют функциональное отношение).

Таким образом, алгоритм определения функциональных отношений основывается на словаре ключевых фраз, полученном при анализе корпуса русскоязычных текстов, и содержит в себе четыре этапа:

- текст разбивается на предложения и определяется набор ключевых фраз для каждого из них;
- определяются границы ЭТЭ;
- определяются функциональные отношения среди ЭТЭ;
- определяются функциональные отношения для еще несвязанных элементов.

#### Список используемых источников

1. Андрианова Е. Е., Липанова И. А., Сабинин О. Ю. Интеллектуальный анализ данных для принятия решений в сфере образования // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. IV Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. в 2 томах. Под. ред. С. В. Бачевского. 2015. С. 1447–1450.

2. Андрианова Е. Е., Сабинин О. Ю. Автоматизация проверки согласованности документов учебно-методических комплексов на основе технологии интеллектуального анализа данных // Современный взгляд на проблемы технических наук. Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. № 2. Уфа, 2015. 105 с.

3. Сабинин О. Ю., Тревгода С. А. Технология автоматического реферирования технического текста // Известия Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета ЛЭТИ. 2008. № 7. С. 25–34

4. Mahak Gambhir, Vishal Gupta. Recent automatic text summarization techniques: a survey. *Artificial Intelligence Review*, March 2016.

5. Андрианова Е. Е., Сабинин О. Ю. Алгоритм проверки согласованности учебных документов на основе методов интеллектуального анализа текстовых данных // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. V Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. 2016. С. 29–33.

6. Mann William, Matthiessen Christian, and Thompson Sandra A. Rhetorical structure theory and text analysis. // *Discourse Description*. Amsterdam: Benjamins, 1992. pp. 39–78.

7. Сайт [www.eltech.ru](http://www.eltech.ru). URL: [http://www.eltech.ru/assets/files/nauka/dissertacii/2009/SAT\\_revgod.pdf](http://www.eltech.ru/assets/files/nauka/dissertacii/2009/SAT_revgod.pdf) (дата обращения 23.04.2017).

УДК 519.688

## АНТИКОЛЛИЗИОННЫЙ МЕХАНИЗМ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБМЕНА ДЛЯ МАРКЕРОВ НА ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВОЛНАХ

**В. В. Антонов**

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*Рассмотрена простая конструкция RFID метки (маркера) на поверхностно-акустических волнах. Определена возможность построения на их основе недорогих систем идентификации. Обращено внимание на искажения сигнала из-за вносимых различными радиочастотными помехами. Описаны трудности идентификации меток в группах по причине помех. Представлено решение для преодоления этих трудностей. Решение основано на использовании групп кодовых последовательностей с определёнными антиколлизийными свойствами. Описан способ получения подобных групп кодов.*

*RFID метки, поверхностно-акустические волны, антиколлизийные коды, клик.*

RFID метка на поверхностно-акустических волнах представляет собой устройство на пьезоэлементе, состоящее из встречно-штырьевого преобразователя, который является антенной устройства и полос-рефлекторов. Сигнал, принятый антенной, преобразуется в поверхностно-акустические волны (ПАВ). Проходя через рефлекторы, сигнал моделируется заданным кодом метки. Варьируя рефлекторы и расстояния между ними, можно получить различные амплитуды и фазы сигнала.

Время задержки между отдельными импульсами модулируемого сигнала пропорционально расстоянию между рефлекторами. Таким образом, пространственное расстояние между рефлектором представляет собой двоичную последовательность цифр, являющуюся идентификационным кодом метки. Количество уникальных кодов равно  $2^n - 1$ , где  $n$  – число рефлекторов.

Амплитуда выходного радиоимпульса маркеров на ПАВ существенно зависит от корреляции кодов, поступивших из эфира.

В указанных обстоятельствах выбор кодовых последовательностей для маркеров на поверхностно-активных волноводах может быть сведен к формированию таких групп кодов, которые в совокупности отличаются друг от друга определенным числом разрядов. Чем большим числом разрядов отличаются коды, тем меньше их корреляция и наоборот. Уменьшение корреляции кодов внутри одной группы повышает вероятность правильного

распознавания меток при одинаковом соотношении уровней сигнала и помех.

В качестве количественного показателя уровня корреляции двух кодов предлагается выбрать коэффициент корреляции, который вычисляется по формуле:

$$G_{AB} = \frac{a_1b_1 + \dots + a_ib_i + \dots + a_nb_n}{\sqrt{a_1^2 + \dots + a_i^2 + \dots + a_n^2} \cdot \sqrt{b_1^2 + \dots + b_i^2 + \dots + b_n^2}},$$

где  $G_{AB}$  – коэффициент корреляции между кодами  $A = (a_1 \dots a_i \dots a_n)$  и  $B = (b_1 \dots b_i \dots b_n)$ ,  $a_i, b_i$  – значения  $i$ -х разрядов этих кодов.

Вычисление коэффициента корреляции при двоичном кодировании целесообразно осуществлять в алфавите  $a_i, b_i \in \{1, -1\}$ . В этом случае выражение для  $G_{AB}$  принимает вид:

$$G_{AB} = \frac{a_1b_1 + \dots + a_ib_i + \dots + a_nb_n}{n}$$

и коэффициент корреляции находится в диапазоне  $-1 \leq G_{AB} \leq 1$ . Минимальное значение  $G_{AB} = -1$  означает, что коды  $A$  и  $B$  не совпадают ни по одному из разрядов ( $a_1 \neq b_1, \dots, a_i \neq b_i, \dots, a_n \neq b_n$ ) и корреляция между ними отсутствует. Максимальное значение  $G_{AB} = 1$  означает, что код  $A$  и код  $B$  – это один и тот же код ( $a_1 = b_1, \dots, a_i = b_i, \dots, a_n = b_n$ ) и они коррелированы. Если коды  $A$  и  $B$  отличаются  $k$  разрядами, то  $k$  слагаемых в числителе будут равны « $-1$ »,  $(n-k)$  слагаемых – « $1$ », и коэффициент корреляции может быть вычислен по формуле:

$$G_{AB}(n, k) = \frac{n - 2k}{n}.$$

В качестве целевой функции выберем коэффициент корреляции  $G_{AB}$ . Тогда задачу можно сформулировать следующим образом: найти группу с максимальным количеством кодов, значение  $G_{AB}$  между которыми находится в диапазоне, заданном от  $-1$  до значения, взятого из таблицы 1 в соответствии с нужным количеством различий между членами данной группы.

Формирование групп для кодов большой размерности представляет сложную задачу. С математической точки зрения задача формулируется следующим образом: в заданном графе требуется найти клик максимального размера. Кликом в неориентированном графе называется подмножество вершин, каждые две из которых соединены ребром графа. Иными словами, это полный подграф первоначального графа. Размер клика опреде-

ляется как число вершин в ней. Задача разрешения выглядит так: существует ли в заданном графе  $G$  клик размера  $k$ ? Соответствующая ей оптимизационная задача формулируется следующим образом: в заданном графе  $G$  требуется найти клик максимального размера. Это и есть задача о клике. Задача о клике относится к классу NP-полных задач в области теории графов. Впервые она была сформулирована Ричардом Карпом в [1].

ТАБЛИЦА 1. Значения коэффициента корреляции

Код, бит	Количество несовпадающих по значению разрядов, бит не менее					
	2	4	8	16	32	64
4	0	-1	-	-	-	-
8	0,5	0	-1	-	-	-
16	0,75	0,5	0	-1	-	-
32	0,9375	0,75	0,5	0	-1	-
64	0,96875	0,937	0,75	0,5	0	-1
128	0,98437	0,968	0,937	0,875	0,5	0

Формирование группы кодов с отличием в  $k$  разрядах есть NP-полная задача о клике. Будем рассматривать класс неориентированных графов без петель и кратных рёбер. Построим граф  $G = (V, E)$ , вершинам  $(v_1, \dots, v_n)$  которого будут соответствовать кодовые последовательности с длиной кода  $k$ . Количество вершин такого графа равно  $2^n$ . Рёбрам  $(e_1, \dots, e_n)$  сопоставим весовые коэффициенты, равные числу отличий в разрядах образующих ребро вершин  $e_i = (v_i, v_j)$ . Так как каждый код группы отличаются от других на несколько разрядов, то все вершины графа будут связаны между собой. Следовательно, граф  $G = (V, E)$  будет полносвязным. Выделим в полученном графе рёбра с коэффициентами больше или равных  $k$ . Полученный подграф  $G' = (V', E')$ , будет содержать подмножество вершин каждые две из которых соединены ребром, то есть будет полным подграфом. Подграф  $G'$  не содержится полностью ни в одном другом полном подграфе исходного графа (иными словами, при добавлении к нему еще одной (любой) вершины исходного графа он перестает быть полным). Следовательно, подграф  $G'$  является максимальным (по включению) полным подграфом или кликом, а задача о поиске группы кодов является задачей поиска клика [2].

Найдём группу кодов длиной  $n = 3$  с отличием в разрядах  $k = 2$ . Количество исходных кодов равно 8, они представлены в таблице 2.

ТАБЛИЦА 2. Коды  $n = 3$  и отличием в разрядах  $k = 2$ 

код	000	001	010	011	100	101	110	111
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Построим граф с кодами при вершинах из таблицы 2. Выделим жирным цветом рёбра с отличием в разрядах вершин 2 и более. Полученный граф представлен на рис. 2. Подграф, выделенный жирным цветом, образует клик, а коды вершин группы кодов, каждый из которых отличается от других членов группы на 2 и более разряда.

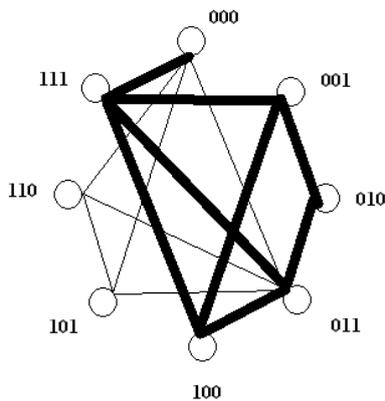


Рис 2. Поиск клика в графе  
cliques of an undirected graph. Comm. of ACM, 16. 1972. PP. 575–577.

Таким образом, алгоритм поиска клика в графе может быть использован в задаче нахождения кодовых групп для ПАВ с заданными параметрами отличий. Применение таких групп кодов позволяет создать эффективный антиколлизийный механизм.

#### Список используемых источников

1. Karp, Richard. Reducibility Among Combinatorial Problems. Proceedings of a Symposium on the Complexity of Computer Computations, Plenum Press. 1972. PP. 85–103.
2. Bron C., Kerbosh J. Algorithm 457-Finding all

*Статья представлена заведующей кафедрой, доктором технических наук, профессором Л. К. Птицыной.*

УДК 519.688

## О ПРИМЕНЕНИИ АКТОРНОЙ МОДЕЛИ ПРИМИТИВОВ В ПРОГРАММНЫХ РЕАЛИЗАЦИЯХ АЛГОРИТМОВ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ

**В. В. Антонов**

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*Рассмотрена простая акторная модель на основе библиотеки Акка. Описаны основные свойства актора. Проанализирована возможность использования акторной модели при построении систем распознавания образов. Приведены варианты использова-*

ния акторов для реализации нейронов, персептронов и периферии систем. Для периферийного варианта применения акторов приведена программная реализация компонентов на языке программирования Scala.

*библиотека Akka, акторы, нейронные сети, распознавание образов.*

Активно развивающиеся системы искусственного интеллекта постоянно увеличивают своё быстродействие и объём обрабатываемой информации. Микросхемы компьютера способны выполнить отдельную команду меньше чем за наносекунду, тогда как нейроны действуют в миллионы раз медленнее. Но мозг сторицей восполняет этот свой недостаток, поскольку все его нейроны и синапсы действуют одновременно [1, 2]. Акторная модель впервые предложена в 1973 г. группой разработчиков во главе с Carl Hewitt. Первая реализация модели выполнена на языке Erlang. Изначально модель описывала процессы параллельных вычислений, позднее на базе этой модели созданы системы с различным функционалом.

В понятийном аппарате модели акторов – всё есть Актор. При этом акторы функционируют параллельно и осуществляют асинхронный обмен сообщениями. Порядок доставки сообщений не специфицирован. Каждый актор имеет свой уникальный адрес, который позволяет другим акторам осуществлять обмен сообщениями. Примеры адресов показаны на рис. 1.

- akka://system/user/a/b
- akka.tcp://system@server.yandex.ru:2552/user/a/b

Рис. 1. Виды адресов акторов системы

При обработке полученного сообщения актор может выполнять только три действия:

- отправить сообщение другим акторам;
- создать новые акторы;
- назначить поведение для обработки следующих сообщений.

Новый толчок в развитии акторная модель получила благодаря Jones Boner. Им выполнена реализация модели на современных языках программирования, что способствовало её популяризации. Разработанная программная библиотека получила название Akka.

Сравнительные тесты производительности, проведённые между системами на языке Erlang и Akka реализацией на языке Java, показали обработку 1,0 тыс. сообщений в секунду у Erlang и 2,1 тыс. сообщений в секунду у Akka Java.

Разработчики библиотеки заверяют о возможности обработки 50 миллионов сообщений в секунду. Указанную производительность удалось получить на 48-ми ядерном компьютере со 128 гигабайтами оперативной памяти.

При реализации актор занимает не более 300 байт, а процессор используется только в момент отправки актором сообщения. Это позволяет создавать и использовать в проекте миллионы акторов.

Сообщения обрабатываются актором по порядку, однако гарантий прихода сообщений в том порядке, в котором они были отправлены – нет.

Любой актор существующий в системе имеет следующие параметры:

- состояние;
- поведение;
- почтовый ящик;
- список дочерних акторов;
- стратегию супервизора.

Особенностью реализации актора является скрывание его внутренностей за переносимой ссылкой `ActorRef`. Это позволяет обезопасить внутреннее содержание актора от некорректного изменения и использования.

Построенная на акторах система легко масштабируется вертикально и горизонтально. Для вертикального масштабирования – увеличивается количество созданных акторов. Для горизонтального масштабирования задействуются внешние аппаратные платформы, то есть части системы автоматически переносятся на указанные в конфигурационном файле компьютеры. Это позволяет создавать распределённые вычислительные системы.

Описанные достоинства модели акторов позволяют реализовывать на их базе следующие части программных систем применительно к нейронным сетям в системе распознавания образов:

- нейроны;
- персептроны;
- периферию.

Применение акторов для реализации нейрона обусловлено, в первую очередь, близостью функционала этих сущностей. Схематичное изображение нейрона и актора представлено на рис. 2.

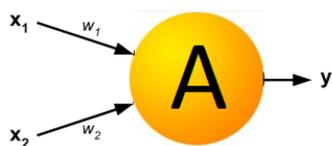


Рис. 2. Схематическое изображение актора и нейрона

И нейрон и актор получают сигналы (сообщения)  $w_1$  и  $w_2$  из нескольких источников  $x_1$  и  $x_2$ . Полученные сигналы обрабатываются и формируют сообщение  $y$  на выходе.

При использовании акторов принято считать, что на каждую функцию необходимо использование отдельного актора. На рис. 3 показана возможная схема построения нейрона. Декомпозиция исходной системы предполагает

использование по одному актору на каждый из источников принимаемых сообщений, один актор на входной сумматор и один актор на формирование выходного сообщения.

Вторым вариантом применения акторов является построение на их основе персептрона в тех случаях, когда сеть должна состоять из большого множества нейронов. Примером такой сети может служить сеть Хопфилда. Недостатком этой сети является низкое соотношение количества нейронов к количеству запомненных символов. Сеть, состоящая из  $N$  нейронов, может запомнить не более  $0,15 * N$  распознаваемых образов. Применение акторов позволит создать сеть Хопфилда из тысяч нейронов без потери производительности системы.

Третьим вариантом применения акторов является создание периферийных модулей систем распознавания образов. Под периферийными в данном случае понимаются такие части программы, которые не участвуют явно в процессе распознавания образов. Например, в случае использования клиент-серверной архитектуры в приложении распознавания образов, серверная часть может быть реализована на библиотеке Акка. На рис. 3 приведён главный класс серверной части приложения.

```
object Starter extends App {  
  val actorSystem = ActorSystem("server")  
  
  val storage = actorSystem.actorOf(Props[StorageService], "storage")  
  val actorNet = actorSystem.actorOf(AkkaNetServerTCP.props("127.0.0.1", 8888))  
}
```

Рис. 3. Главный класс серверной части

В приведённом примере создаётся главный актор системы с названием `server` и далее от него создаётся супервайзер хранилища данных и сетевого взаимодействия. Любой актор, создаваемый в системе, должен переопределять метод `receive`. В этом методе осуществляется отправка сообщения. Пример реализации супервайзера сетевого взаимодействия приведён на рис. 4.

```
class ServerTCP(address: String, port: Int) extends Actor {  
  def receive = {  
    case b@Bound(localAddress) =>  
    case CommandFailed(_: Bind) =>  
      log.info("Command failed tcp server")  
      context stop self  
  
    case c@Connected(remote, local) =>  
      log.info("New incoming tcp connection on server")  
      createSession(remote, local)  
  }  
}
```

Рис. 4. Класс реализации сетевого взаимодействия

Приведённые выше примеры выполнены на языке программирования Scala. На этом языке реализована первая версия библиотеки Акка. В настоящий момент портированные варианты библиотеки Акка есть в языках Java и C#.

Рассмотренные выше примеры демонстрируют ключевые варианты возможного применения модели Акка. В целом, модель Акка может применяться везде, где это не противоречит паттернам проектирования.

#### Список используемых источников

1. Рассел Стюарт, Норвиг Питер. Искусственный интеллект: современный подход. 2-е изд.: пер. с англ. М. : Вильямс. 2006. 1408 с. ISBN 5-8459-08887-6.
2. Птицына Л. К., Добрецов С. В. Интеллектуальные технологии и представление знаний. Планирование действий интеллектуальных агентов в информационных сетях : учеб. пособие. СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2005. 155 с. ISBN 5-7422-1101-5.

*Статья представлена заведующей кафедрой, доктором технических наук, профессором Л. К. Птицыной.*

**УДК 004.91**

## **BLOCKCHAIN – ПУТИ РАЗВИТИЯ**

**Ю. В. Арзумян, М. Б. Вольфсон, А. А. Захаров, А. Д. Сотников**

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*Дальнейшее развитие технологии Blockchain 3.0 для решения задач защищённой фиксации данных в Интернете и свободного доступа к ним неопределённого круга физических и/или юридических лиц после устранения законодательной неопределённости приведёт к появлению Blockchain структур с неравноправными узлами-участниками. Описывается пример такой структуры для записи сведений об университетских дипломах.*

*технология Blockchain 3.0, структуры с неравноправными узлами-участниками, система для записи информации об университетских дипломах.*

В последние несколько лет наблюдается взрывной характер интереса к технологии Blockchain, чаще всего применяемой для фиксации операций с криптовалютой. Причиной этому явилась идея об использовании технологии для создания безопасных инструментов информационного взаимодействия практически во всех сферах жизни современного общества. Такое расширение области применения получило название Blockchain 3.0. В мно-

гочисленных публикациях (в [1] можно найти ссылки примерно на 200 ресурсов) приводятся аргументы, отводящие технологии Blockchain ведущую роль в фиксации разного рода взаимодействий в реальном информационном обществе XIX века. Образно говоря, в непрерывно меняющемся «информационном океане» по имени Интернет появилась незыблемая твердь в виде практически неуничтожаемых блоков технологии Blockchain. Тем не менее, как в самой технологии, так и в способах её реализации остаётся ряд принципиальных вопросов, решение которых определяет пути дальнейшего развития.

Уже сейчас любой, имея криптовалюту, может зафиксировать с помощью технологии Blockchain любое событие в своей жизни, будь то авторское литературное, музыкальное или иное произведение, диплом об образовании, медицинские диагнозы и т. д. При этом использование криптографической хэш-функции, или цифровой подписи позволяет практически однозначно идентифицировать файлы любого размера и удовлетворить ограничениям на размер транзакции. Основным препятствием на этом пути остаётся юридическое признание как самой криптовалюты, так и использования технологии Blockchain для фиксации разного рода событий.

Динамика развития криптовалют позволяет надеяться, что в большинстве развитых стран мира юридические аспекты их использования будут определены и на первый план выйдет такая, уже сейчас актуальная проблема, как проблема масштабирования. Прежде всего, эта проблема касается принципиально неуклонного роста объёма данных в цепи и этот рост будет усугубляться по мере того, как будут расширяться области применения технологии и увеличиваться число пользователей. На статистическом ресурсе «Биткойн (BTC) – Курс, Количество блоков, Сложность, Hashrate... – » (<https://bitinfocharts.com/ru/bitcoin/>) можно видеть, что размер цепочки блоков Биткойна уже превысил 150 Гбайт. Эти цепочки размещаются примерно на 10 000 активных узлах, что позволяет оценить общий размер распределённой базы величиной в 1,5 Пбайт. Учитывая, что новые блоки размером примерно в 1 Мбайт присоединяются к цепи каждые 10 минут, за 1 год цепь увеличится примерно на 50 Гбайт, и база со всеми своими копиями составит уже примерно 2 Пбайт (эта величина сравнима с объёмом всех академических библиотек США).

Естественное решение этой проблемы видится в разграничении различных информационных массивов и фиксации количества копий Blockchain цепочек распределённого реестра. Например, создание отдельных цепочек только из сведений о выданных дипломах университетов или со сведениями о защищённых диссертациях, или о регистрации недвижимости и т. д. Таким образом, становится актуальной задача создания общепризнанной классификации значимых данных и определение международных стандартов

и форматов их представления. Первые шаги в этом направлении уже делаются международными организациями, например, Международным Союзом Электросвязи (МСЭ/ITU).

Использование специализированных распределённых реестров требует расширения перечня ролей участников информационного взаимодействия. В обычных системах криптовалют любые пользователи могут выступать и как создатели транзакций, и как майнеры, формирующие блоки и участвующие в наращивании всей цепи. В специализированных распределённых реестрах появляются пользователи, которые не могут выполнять эти функции, но должны получать возможность поиска и идентификации отдельных записей.

Поясним сказанное на примере распределённого реестра записей об университетских дипломах. На рис. 1 представлена структура такой сети.

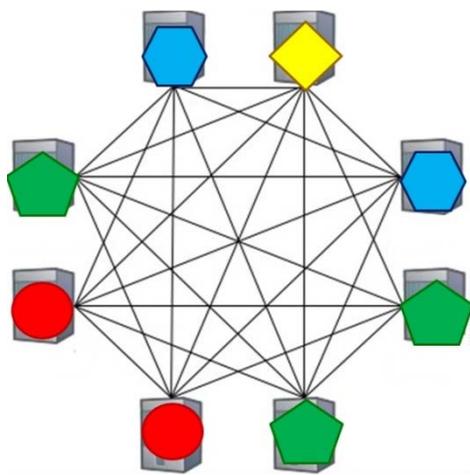


Рис. 1. Структура сети распределённого реестра

Синими шестиугольниками отмечены майнеры, которые сами не создают записей, но обеспечивают формирование блоков записей и целостность цепи в целом. В качестве таких узлов могут выступать, например, министерские вычислительные центры. Узлы, обозначенные зелёными пятиугольниками, могут выполнять функции майнеров, но их основная задача состоит в создании записей и хранении всех материалов о выданных дипломах. Роль таких узлов естественно возложить на вычислительные центры ВУЗов. Красными окружностями обозначены пользователи, использующие распределённый реестр только для поиска и проверки целостности

сведений о том или ином дипломе. В качестве таких пользователей могут выступать отделы кадров различных предприятий и организаций, желающие проверить подлинность предъявленных документов. Наконец, жёлтый ромб – это узел, который осуществляет администрирование всего распределённого реестра, предоставляет необходимую для работы сети информацию и прочие сервисные услуги. Роль такого центра, по всей видимости, может играть специальная государственная структура, обеспечивающая необходимый уровень доверия.

Нетрудно заметить, что такая структура сети подразумевает существенное «неравенство» узлов и делает необходимым разработку специального алгоритма принятия блоков в распределённый реестр, отличного от существующих, где уровень доверия определяется капитализацией, используемой криптовалютой. В большинстве систем при подключении новых

блоков используется алгоритм консенсуса PoW (*Proof of Work*), определяемый величиной вычислительной сложности создания блока. В случае распределённого реестра описываемой сети механизм PoW в меньшей степени обеспечивает необходимый уровень доверия и его использование приводит к излишним затратам. С этой точки зрения более адекватен алгоритм, применяемый в системе Emercoin (<https://emercoin.com>), где наряду с принципом PoW применён критерий PoS (*Proof of Stake*). Конечно, для практической реализации потребуется значительно доработать такой комбинированный алгоритм, определить степень превалирования различных типов майнеров путём придания им во владение различных объёмов специальной криптовалюты. Например, наделить министерские вычислительные центры наибольшим значением, чтобы обеспечить приоритет при принятии решения о включении очередного блока в цепь, государственные ВУЗы меньшим и, наконец, частные ВУЗы наименьшим объёмом. Такая иерархия призвана обеспечить большую устойчивость всему распределённому реестру и необходимый уровень доверия к нему.

Завершая рассмотрение примера распределённого реестра для записи сведений о ВУЗовских дипломах, приведём структуру блока. На рис. 2 показано, что полный набор данных содержит всё информацию и может храниться в архиве ВУЗа, а также у владельца диплома. Размер этих данных не имеет каких-либо ограничений. В тоже время, как показывают расчёты, запись в распределённом реестре составит объём всего около 2 кбайт, что хорошо согласуется с существующими Blockchain структурами. Особо хочется подчеркнуть, что использование хеш-функций для записи идентификационных данных позволяет предоставить открытый доступ ко всему распределённому реестру без нарушения закона о защите персональных данных.

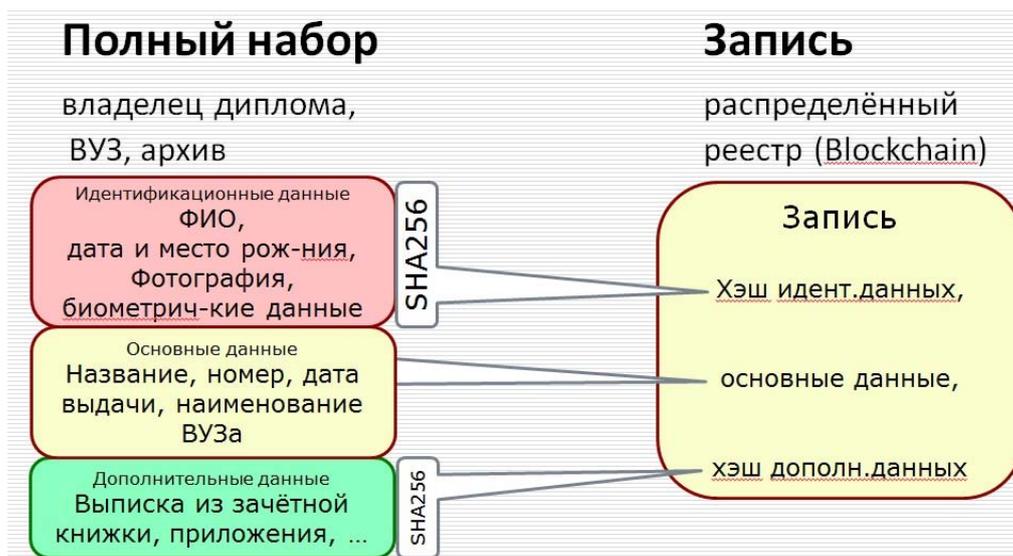


Рис. 2. Структура записей

Приведённый пример позволяет сделать вывод о том, что технология Blockchain после решения законодательных проблем может быть целесообразна и с успехом использована в тех случаях, когда требуется обеспечить защищённую фиксацию данных в Интернете и свободный доступ к ним неопределённого круга физических и/или юридических лиц.

#### Список используемых источников

1. Свои Мелани Блокчейн: Схема новой экономики : пер. с англ. М. : Олимп–Бизнес, 2017. 240 с., ил.

УДК 621.613.35

## АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СТАНКА С ЧИСЛОВЫМ ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

**М. Я. Афанасьев, А. А. Крылова, С. А. Шорохов**

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет  
информационных технологий, механики и оптики

*Современные системы управления станками с числовым программным управлением обладают рядом недостатков, ограничивающих их потенциальную функциональность и сокращающих область их использования. В статье рассматривается применение среды интеллектуальных агентов, которые взаимодействуют друг с другом с целью решения поставленных задач. Рассматриваются преимущества многоагентной среды и обосновывается его применение при проектировании систем.*

*ЧПУ, многоагентная система, управление, интерфейс, станок, автоматизация.*

Используемые в настоящее время станки с числовым программным управлением (ЧПУ) являются закрытыми системами с жесткой логикой, которые ограничивают его использование при производстве изделий единичными и малыми партиями по индивидуальным заказам. Применяемые системы управления характеризуются следующими свойствами [1]:

- проприетарное исполнение внутренних интерфейсов;
- стандартизированные контроллеры приводов станка;
- стандартизированный набор управляющих команд;
- выполнение операций в соответствии с загруженной управляющей программой;
- структура подчинения модулей типа «звезда».

Развитие станков с ЧПУ проходило с ориентацией, в основном, на массовое производство, поэтому их структура является сложной и дорогой, кроме того, внедрение таких систем на предприятие требует много финансовых и временных ресурсов. При этом система управления станка ограничена в своей функциональности и обычно подчинена одному управляющему элементу. Практически не используются локальные вычислительные сети – станок, подключившись по ЛВС, способен лишь загрузить на исполнение управляющую программу и выдать отчёт о проделанной работе.

Таким образом, можно выделить следующие недостатки применяемых систем управления:

- централизованная архитектура;
- отсутствие интеллектуальных объектов в системе;
- отсутствие полноценного контроля над выполнением операции;
- невозможность оценивания критической ситуации;
- ограниченный набор состояний системы, определяемых как рабочие либо аварийные.

Соответственно, попытки встраивания станка в автоматизированную систему управления не имеет очевидных преимуществ, поскольку станок способен использовать сеть только для загрузки управляющих программ и получения отчётов. При этом информация, получаемая со станка, весьма скудна и ограничена [2].

Существует ряд мер по повышению степени автоматизации промышленного оборудования:

- принятие решения о смене режима обработки;
- внедрение системы технического зрения;
- отслеживание положения заготовки;
- корректировка положения заготовки и инструмента;
- расширения возможностей управления через web-интерфейс.

Очевидно, что для внедрения вышеперечисленных мер требуется иная архитектура системы управления с использованием интеллектуальных компонентов. Необходимо выделить базовую часть архитектуры и спроектировать ее как распределенную вычислительную сеть с диспетчеризацией компонентов.

Интеллектуальный агент, будучи частью распределённой сети, представляет собой независимую компьютерную систему, находящуюся в некоторой среде и способную автономно действовать в ней для достижения поставленных целей.

Каждый агент  $\alpha_i$  представляет собой кортеж:

$$(S_i, P_i, A_i, \varphi),$$

где  $S_i$  – множество возможных состояний,  $P_i$  – множество объектов восприятия (перцепции),  $A_i$  – множество действий и  $\varphi$  – агентная функция:

$$\varphi_i: S_i \times P_i \rightarrow S_i \times A_i,$$

$\mathcal{E}$  – множество состояний среды,  $\Pi: \mathcal{E} \rightarrow (P_1 \times \dots \times P_n)$  – функция восприятия,  $\Delta: \mathcal{E} \times (A_1 \times \dots \times A_n) \rightarrow \mathcal{E}$  – функция среды.

Многоагентная среда (МС) – это кортеж  $(\mathcal{A}, \mathcal{E}, S, P)$ , где  $\mathcal{A} = \{a_i, \dots, a_n\}$  – множество всех агентов. Предполагается, что существует некоторая дискретная временная шкала, где временной шаг задаётся переходом от одной точки шкалы к другой. Любой агент  $a_i$  для всех состояний среды  $e \in \mathcal{E}$  и всех состояний агентов  $(s_1, \dots, s_n) \in S_1 \times \dots \times S_n$  на каждом шаге вычисления через функцию восприятия получает свой локальный объект восприятия  $\Pi_i(e)$ . Агент рассчитывает своё следующее действие  $a_i = \varphi_i^2(s_i, \Pi_i(e))$  и своё новое состояние  $s'_i = \varphi_i^1(s_i, \Pi_i(e))$  на основании текущего состояния  $s_i$  и своего восприятия этого состояния, т. е. состояние среды меняется под действием агентов.

В соответствии с вышеизложенным, предлагается архитектура, в которой отдельные законченные блоки представляют собой агенты, взаимодействующие между собой. При этом для связи используются независимые двунаправленные интерфейсы. В качестве отдельных узлов стоит выделить оптический блок, координатный стол и лазерный блок.

Оптический блок представляет собой систему линз и датчиков, выполняющую отслеживание текущего состояния блока, отслеживание параметров лазера, отслеживание положения оптических элементов и управление излучением.

Координатный стол представляет собой набор приводов, направляющих и датчиков, обеспечивающих перемещение каретки по двум координатам. Выполняет следующие задачи: отслеживание текущего положение каретки, предупреждение о достижении крайней точки перемещения, самокалибровка, оптимизация траектории перемещения.

Лазерный блок состоит из гиростабилизированного подвеса, снабженного пьезодвигателями и, собственно, самого лазера. Функции этого блока: отслеживание текущего состояния, автоматическая фокусировка, самокалибровка, отслеживание рабочего поля, изменение формы пятна и режима обработки.

Интеллектуальное оборудование, обладающее средствами беспроводной связи, сопрягается не только с ЕИС, но и друг с другом, позволяя автоматически решать производственные задачи, не связанные непосредственно с обработкой материалов.

Исходя из вышеизложенного, можно вывести следующее:

во-первых, возможно повышение степени автоматизации технологического оборудования за счёт автоматизации его составных компонентов;

во-вторых, возможно решение задач производства, не связанных с обработкой материала в автоматическом режиме;

в-третьих, за счёт использования интеллектуального оборудования возможно упрощение построения ЕИС предприятия и увеличение степени автоматизации производства в целом.

#### Список используемых источников

1. Сосонкин В. Л., Мартинов Г. М. Программирование систем числового программного управления. М. : Логос, 2008. 344 с. ISBN 978-5-98704-296-8.

2. Гордеев Е. Н., Сергеев Ю. С. Теория автоматического управления, Челябинск : Издательский центр ЮУрГУ, 2012. 90 с.

УДК 519.767.6

## КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТОДОВ АНАЛИЗА ТОНАЛЬНОСТИ ЕСТЕСТВЕННОГО ЯЗЫКА

**Н. А. Базина, Л. В. Гадасина**

Санкт-Петербургский государственный университет

*Анализ естественного языка приобретает широкую распространенность благодаря тому, что позволяет достаточно быстро получить интересующую информацию из текстов большого объема. Анализ естественного языка можно начать с определения его тональности. Для выполнения данной задачи необходимо понять нюансы различных методов анализа тональности естественного языка.*

*естественный язык, тональность естественного языка, машинное обучение.*

Эпоха цифровой трансформации бизнеса характеризуется высокой долей вовлеченности клиента в работу компании. Анализ мнения клиента становится неотъемлемой частью бизнес процесса современной компании. Зачастую мнение клиента приходит в компанию отнюдь не в виде удобной для анализа таблицы. Компании сталкиваются с данными, представленными в виде естественного языка. Естественным или обычным языком называют любой язык, который естественно включается в жизнь человека путем повторения и использования без осознанного планирования [1]. Естественный язык существенно отличается от формализованного, используемого в программировании. Несмотря на наличие определенных правил, присутствующих в каждом естественном языке, он достаточно сложно поддается анализу

ввиду вариативности и большого количества неологизмов, постоянно входящих в язык. Анализ естественного языка можно начать с определения его тональности, т. е. задачи его обработки и извлечения из него информации о чувствах пишущего, выраженных в позитивных или негативных комментариях, вопросах и запросах, путем анализа большого количества документов [2]. Иными словами, целью анализа тональности естественного языка является определение отношения автора текста к определенной теме через анализ его суждений.

Проблема оценки лояльности клиента предполагает обработку естественного языка для определения отношения клиента к компании, услуге, персоналу. Решение данной проблемы требует понимания методов анализа тональности естественного языка. Целью данной работы является обзор и классификация существующих методов анализа тональности естественного языка.

Существуют два основных вида классификации анализа тональности естественного языка: по уровням и по методам.

Анализ тональности может быть классифицирован в соответствии с тем, в какой форме проанализированные мнения были представлены. Существуют три основных уровня анализа: уровень документа, уровень предложения и уровень единиц языка. Наименее гибким является уровень анализа документа. В этом случае объем анализируемой информации достаточно велик, и бывает сложно выделить единое настроение пишущего. Уровень предложений позволяет проявить большую гибкость. Самым же гибким является уровень единиц языка, Он используется в анализе тональности естественного языка наиболее часто. Нередко происходит еще большее сужение (характерное для русского языка в частности): сужение до уровня морфем. Это позволяет выделить позитивное, негативное или нейтральное отношение пишущего, игнорируя формы слова, отношение к определенным частям речи.

Перейдем к классификации анализа тональности в зависимости от формы ее тональности (рис.).

Основная задача анализа тональности состоит в отнесении высказывания к группе с негативной или позитивной коннотацией. Различают два основных метода анализа тональности: метод машинного обучения и метод, основанный на анализе лексикона [3]. Метод, основанный на анализе лексикона в свою очередь делится на подход, основанный на анализе словаря, и на анализ, основанный на изучении общих закономерностей языка (статистических и семантических). Подход машинного обучения использует алгоритмы машинного обучения для тех же целей. В таком случае проблема классификации тональности решается также, как и проблема классификации любого текста [4].

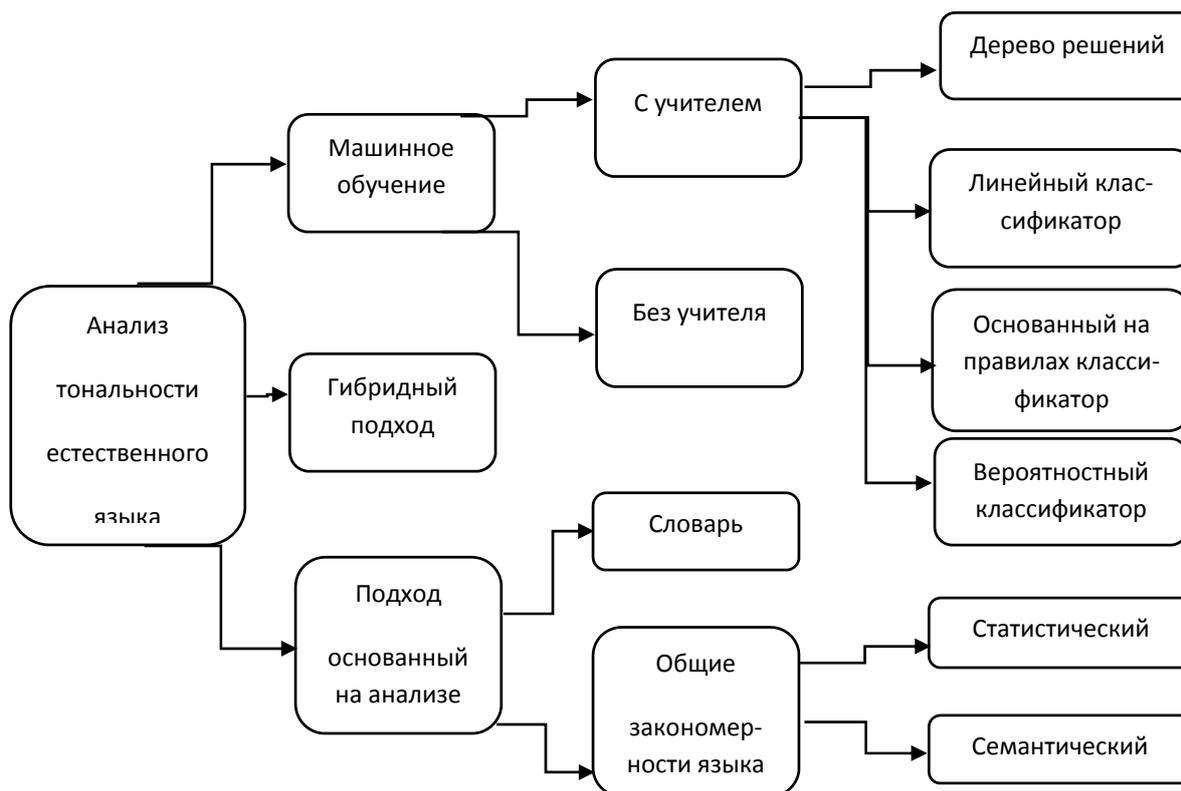


Рисунок. Анализ тональности естественного языка. Классификация

Алгоритмы машинного обучения с учителем предполагают, что у нас есть некоторая выборка записей, класс которых уже определен. На основе этой информации система принимает решение об отнесении новых записей к тому или иному новому классу. К данным методам относят: классификацию на основе дерева решений, линейную классификацию, классификацию на основе правил, вероятностную классификацию. В рамках классификации с помощью дерева решений новая запись проходит путь от самой вершины дерева, в результате попадая в определённый класс [5]. Для построения дерева решений чаще всего применяют алгоритмы ID3 и C5. Линейный классификатор известен, а главное широко распространён, благодаря отсутствию сложностей при использовании. Идея здесь заключается в подсчете негативных и позитивных слов в записи. Далее на основании полученного веса запись относится к определенному классу. Самый популярный линейный классификатор сегодня: метод опорных векторов (*Support Vector Machines*). Классификатор на основе правил немного схож с деревом решений, только в дереве решений в основе лежит иерархическая структура, а правила строятся на основе совпадения пространств записей [6]. Существует даже ряд исследований, позволяющих преобразовать результаты, полученные методом дерева решений в правила [4, 7]. Вероятностный метод классификации полагает, что каждая запись может быть отнесена к какому-либо классу на основе предположения, что этот класс принадлежит построенной модели.

Самый известный подобный классификатор – наивный байесовский. Он использует так называемую «сумку слов». В расчет берется частота использования каждого слова, при этом его положение в тексте игнорируется [8].

Метод машинного обучения без учителя используется в том случае, когда исследователь затрудняется с определением границ групп. В таком случае машина делает это автоматически.

Методы, основанные на анализе лексикона, используют словари синонимов и антонимов слов-мнений и фраз с их тональной ориентацией. Два наиболее часто используемых подхода предполагают ориентацию на словарь и на общие закономерности текста. Подход, ориентированный на словарь, на вход получает небольшой набор слов-мнений и затем расширяет его при помощи большой коллекции текстов, например, WordNet. Эти новые слова добавляются в словарь. Затем процедура повторяется до тех пор, пока в тексте не останется больше незнакомых слов. Подход, ориентированный на общие закономерности, использует статистические данные и также ориентируется на семантику языка. Использование данного подхода без подхода анализа лексикона со словарем неэффективен. Зато совместное применение подходов позволяет преодолеть проблемы подхода, основанного на анализе лексикона с использованием словаря.

Кроме того, имеет место и гибридный метод анализа тональности. Исследователи используют несколько методов одновременно. В качестве примера можно привести опыт HP Laboratories, которые использовали методы машинного обучения совместно с методами анализа лексикона для изучения новых твитов. Анжел Камберро из Rochester Institute of Technology в своей работе [9] использовал методы анализа лексикона одновременно с подходом классификации на основе правил, а в качестве обучающего алгоритма он выбрал наивный байесовский классификатор.

Таким образом, для получения более полной картины, дающей представление о настроении клиентов компании, стоит не только обращать внимание на отдельный метод анализа тональности, но и находить такое сочетание, которое позволит получить наиболее достоверные результаты.

#### Список используемых источников

1. Lyons, John (1991). *Natural Language and Universal Grammar*. New York: Cambridge University Press. PP. 68–70.
2. Mukherjee, S. *Sentiment Analysis: A Literature Survey*. Roll No: 10305061. Bombay, India. June, 2012.
3. Maynard, D., Funk, A. Automatic detection of political opinions in tweets. 8<sup>th</sup> international conference on the semantic web, ESWC'11; 2011. PP. 88–99.
4. Liu, B. *Sentiment Analysis and Opinion Mining*. Morgan & Claypool Publishers. California. May 2012.
5. Miner, G., Elde, J., Fast, A., Hill T., Nisbet R., & Dursun, D. *Practical Text Mining and Statistical Analysis for Non-structured Text Data Applications*. January 25, 2012.

6. Vasilis Vryniotis. Machine Learning Tutorial: The Naive Bayes Text Classifier. October 2013.
7. Liu, B., Wynne, H. and Yiming, M. Integrating classification and association rule mining. Presented at the ACM KDD Conference. 1998.
8. Yang, J. and Leskovec, J. Temporal Variation in Online Media. ACM International Conference on Web Search and Data Mining (WSDM '11). Hong Kong. February 9–12, 2011.
9. Cambero A. A Comparative Study of Twitter. Sentiment Analysis. Methods for Live Applications. Rochester, New York. August 2016.

УДК 621.391

## МОДЕЛЬ ИНФОРМАЦИОННО-АЛГОРИТМИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ МНОГОМОДАЛЬНОГО АБОНЕНТСКОГО ТЕРМИНАЛА

О. О. Басов<sup>1</sup>, Д. А. Струев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Управление информационно-телекоммуникационного обеспечения Службы специальной связи и информации Федеральной службы охраны Российской Федерации

<sup>2</sup>Академия Федеральной службы охраны Российской Федерации

*Для компенсации имеющегося в настоящее время отставания теории построения инфокоммуникационных систем от потребностей практики и современного уровня развития многомодальных абонентских терминалов необходима разработка модели информационно-алгоритмической структуры многомодального абонентского терминала и алгоритма ее оптимизации. В работе представлена модель такой структуры на основе альтернативно-графовой формализации, рассмотрена задача ее оптимизации.*

*информационно-алгоритмическая структура, многомодальный абонентский терминал, альтернативно-графовая формализация.*

В настоящее время наблюдаются тенденции по слиянию или взаимопроникновению традиционных услуг связи, появлению новых информационных технологий, позволяющих пользователям расширять функциональность абонентских терминалов (АТ) инфокоммуникационных систем (ИКС). Для максимальной открытости пользовательских интерфейсов происходит обезличивание отдельных инфокоммуникационных услуг, то есть субъект все чаще запрашивает у сети один вид сервиса под названием «соединение с сетью», который подразумевает возможность получения им доступного или наиболее удобного способа взаимодействия с другим субъектом или информационными ресурсами. Однако в условиях наблюдаемого сегодня роста мощности и интенсивности информационных

потоков, а также объемов информации, циркулирующей в информационном пространстве, существующие технические средства ИКС оказываются функционально ограниченными и не обеспечивают пользователя надежно и своевременно предоставляемой, полной, достоверной и конфиденциальной информацией [1].

Одним из путей преодоления указанного противоречия является отказ от традиционных принципов разделения передаваемой информации на услуги связи (информатизации) в пользу ее многомодального представления, то есть возникает необходимость разработки и внедрения многомодальных АТ и реализации адаптации сети передачи данных к нагрузке, поступающей от таких АТ [2, 3].

Одной из частных задач в рамках решения этой проблемы является разработка модели информационно-алгоритмической структуры (ИАС) многомодального АТ и алгоритма ее оптимизации.

Проведенные исследования показали, что при описании многомодального АТ более конструктивными оказываются модели, основанные на функционально-структурном подходе, который подразумевает представление ИАС многомодального АТ в виде совокупности структурных альтернатив (рис.).

Статическая модель ИАС многомодального АТ может быть представлена следующим образом:

$$\text{extr} \mathfrak{R}_0 \left\{ (G_F^* \in G_F) \mathfrak{R}^* (G_{\text{ИАС}}^* \in G_{\text{ИАС}}) \right\},$$

$$\mathfrak{R}_\eta \left\{ (G_F^* \in G_F) \mathfrak{R}^* (G_{\text{ИАС}}^* \in G_{\text{ИАС}}) \right\}, \quad \eta = \overline{1, \eta_0}, \mathfrak{R}^* \in \mathfrak{R}'$$

где  $G_F$  – граф взаимосвязей выполнения альтернативных функций полимодальной ИКС, определяемых по результатам концептуального моделирования;  $G_F^* \in G_F$  – подграф, задающий один из возможных вариантов реализации функций системы;  $G_{\text{ИАС}}^* \in G_{\text{ИАС}}$  – подграф, задающий один из возможных вариантов реализации узлов ИАС многомодального АТ с их взаимосвязями;  $\mathfrak{R}$  – операция отображения графа  $G_F$  на  $G_{\text{ИАС}}$ , определяющая распределение выполняемых системой функций по узлам ИАС многомодального АТ;  $n_\eta (\eta = \overline{1, \eta_0})$  – характеристики качества создания и функционирования полимодальной ИКС.

Функции системы представляются в виде совокупности взаимосвязанных задач, которые, в свою очередь, могут быть разбиты на последовательно выполняемые операции (этапы). При формализации взаимосвязей между функциями (задачами, этапами или операциями) могут учитываться

взаимосвязи, отражающие либо порядок их следования (временные взаимосвязи), либо объем или поток обмениваемой информации между функциями без указания временных характеристик (объемные взаимосвязи).

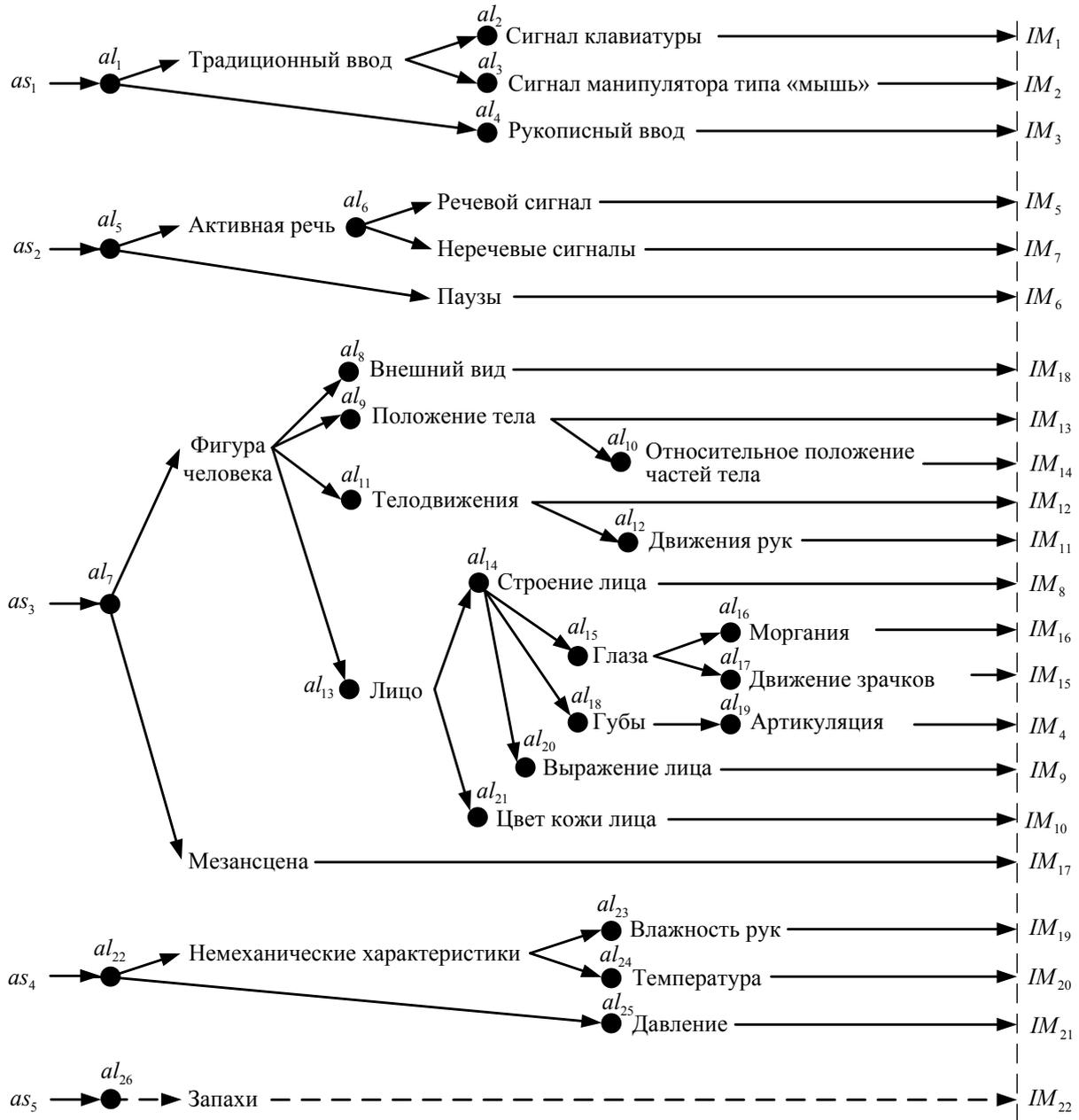


Рисунок. Информационно-алгоритмическая структура многомодального АТ

Вершины графа  $G_{ИАС}$  отождествляются с вариантами построения узлов переработки информации, функционирующих на основе алгоритмов  $al \in AL$  реализации отдельных процедур преобразования естественных  $NS$  и искусственных  $AS$  сигналов. Его дуги отражают информационные (сигнальные) взаимосвязи между узлами. Элементарные алгоритмические звенья

$AL = \{a_i\}$  преобразования информации  $B = \{b_{ij}\}$  на разных этапах функционирования средства связи соответствуют какой-либо одной математической или логической операции.

Задача оптимизации ИАС многомодального АТ может быть сформулирована следующим образом.

Пусть задано множество задач  $i = \{1, \dots, I\}$  (этапов  $z = \{1, \dots, z_i\}$ ) полимодальной ИКС и их вариантов  $k = \{1, \dots, K\}$ , множество узлов ИАС многомодального АТ системы  $j = \{1, \dots, J\}$  и вариантов их построения  $p = \{1, \dots, P_j\}$ .

Требуется найти:

$$F_0(x_{ik}, x_{izn}, x_{izj}, x_{jp}) \rightarrow \text{opt},$$

где  $F_0$  – оптимизируемые показатели качества, например, целостность информации  $\Pi^{\text{ИНФ}}$ ;

$$x_{ik} = \begin{cases} 1, & \text{если } i\text{-я задача решается } k\text{-м способом;} \\ 0 & \text{- в противном случае,} \end{cases} \quad \text{– вариант решения задачи;}$$

$$x_{izn} = \begin{cases} 1, & \text{если } z\text{-й этап } i\text{-й задачи выполняется в } n\text{-м способом;} \\ 0 & \text{- в противном случае,} \end{cases} \quad \text{– вариант решения этапа;}$$

$$x_{izj} = \begin{cases} 1, & \text{если } z\text{-й этап } i\text{-й задачи выполняется в } j\text{-м узле;} \\ 0 & \text{- в противном случае,} \end{cases} \quad \text{– объем задачи;}$$

$$x_{jp} = \begin{cases} 1, & \text{если } j\text{-й элемент реализуется } p\text{-м способом;} \\ 0 & \text{- в противном случае,} \end{cases} \quad \text{– вариант реализации узла,}$$

при ограничении на затраты функционирования:

$$\sum_{i,z,n,j} H_{iznj} x_{izn} x_{izj} \leq H,$$

где  $H_{iznj} = \alpha_{iznj}$ , если  $iznj = i'z'n'j'$ ;  $H_{iznj} = \beta_{izni'z'n'} \gamma_{j'j'l}$  если  $iznj \neq i'z'n'j'$ ;  $\alpha_{iznj}$  – затраты на решение  $z$ -го этапа  $i$ -й задачи в  $j$ -м узле;  $\beta_{izni'z'n'}$  – средний поток информации между  $zn$ -этапом  $i$ -й задачи и  $z'n'$ -этапом  $i'$ -й задачи в процессе функционирования системы;  $\gamma_{j'j'l}$  – затраты на передачу единицы объема информации из узла  $j$  в узел  $j'$ , оснащенных техническими средствами  $l$ -го и  $l'$ -го типа соответственно;

$$x_{iznj} = \begin{cases} 1, & \text{если } z\text{-й этап } i\text{-й задачи решается в } n\text{-м варианте в } j\text{-м узле;} \\ 0 & \text{- в противном случае,} \end{cases} \quad \text{— вариант}$$

решения задачи, вариант этапа и узел, в котором он выполняется; и ограничения на загрузку узлов:

$$\sum_{i,k,z,n} R_{ikzn}^{\gamma} x_{ikznj} \leq R_{jpt}^{\gamma} - P_{jpt}^{\gamma}, \quad j = \overline{1, J}, \quad \gamma = \overline{1, \gamma_0},$$

где  $R_{ikzn}^{\gamma}$  – количество ресурсов  $\gamma$ -го типа в момент времени  $t$ , необходимое для выполнения  $z$ -го этапа  $i$ -й задачи;  $P_{jpt}^{\gamma}$  – ресурсы, необходимые для выполнения оперативных задач (задач управления);

$$x_{ikznj} = \begin{cases} 1, & \text{если } n\text{-й вариант } z\text{-го этапа } i\text{-й задачи,} \\ & \text{решаемой } k\text{-м способом, выполняется в } j\text{-м узле;} \\ 0 & \text{- в противном случае,} \end{cases} \quad \text{— вариант решения}$$

задачи, способ, вариант этапа и узел, в котором он выполняется.

Представленная формализация позволяет решить задачу распределения функций между элементами (узлами) ИАС многомодального АТ методами целочисленного программирования. Их выбор будет определяться [4, 5]:

- требованиями пользователей к номенклатуре и качеству предоставляемых на основе многомодальных интерфейсов услуг;
- доступными устройствами ввода/вывода сигналов различных модальностей;
- объемом и типом предоставляемых инфокоммуникационных услуг.

#### Список используемых источников

1. ГОСТ РВ 51987–2002. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы типовые требования и показатели качества функционирования информационных систем. Общие положения. М.: Госстандарт России, 2001.
2. Басов О. О., Карпов А. А., Сайтов И. А. Методологические основы синтеза полимодальных инфокоммуникационных систем государственного управления: монография. Орёл: Академия ФСО России, 2015. 272 с.
3. Островский М. А., Шевелев И. А. Физиология человека: учебник. В 2 т. / Под ред. В. М. Покровского, Г. Ф. Коротько. М., 2003. Т. 2. С. 201–259.
4. Хрусталева Е. Ю., Макаренко, Д. И. Концептуальное моделирование военной безопасности государства. М. : Наука, 2008. 303 с.
5. Басов О. О. Принципы построения полимодальных инфокоммуникационных систем на основе многомодальных архитектур абонентских терминалов // Труды СПИ-ИРАН. 2015. № 39. С. 109–122.

УДК 681.5

**ИЗУЧЕНИЕ ТАКТИКО-СПЕЦИАЛЬНЫХ  
ДИСЦИПЛИН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
ИНТЕРАКТИВНОГО ТРЕНАЖЁРА****Р. Г. Башлаев, В. Г. Иванов, Д. Д. Корякин, А. А. Полячков**

Военная академия связи имени Маршала Советского союза С. М. Буденного

*В работе показана модель разработки электронно-программного тренажёра для изучения полевых узлов связи при изучении тактико-специальных дисциплин.*

*Рассмотрены основные положения, предъявляемые к нему, задачи, которые должны решаться с его применением, программный комплекс его разработки и состав его ядра. Составом ядра должны служить отдельные обучающие модули, которые являются отдельными программами и выступают в роли исходных данных для последующих модулей.*

*тренажёр, узел связи, модель, обучение.*

В ходе проведения групповых упражнений и практических занятий по тактико-специальной подготовке слушатели и курсанты изучают принципы построения узлов связи, порядок их формирования, организационную структуру и пути прохождения сигналов (сообщений) на узлах связи, а также их размещения на местности и другие вопросы, связанные с изучением узлов связи.

В настоящее время указанные вопросы изучаются с использованием традиционных методов в виде решений ситуационных задач. Ситуационные задачи решаются на подготовленных бумажных бланках или в формализованной тетради. Однако оснащённость военных вызов современными компьютерными классами позволяет решить данные вопросы, имея специализированные программные средства, которых в настоящее время нет. Одним из возможных вариантов таких средств могут быть интерактивные тренажёры [4].

Преимуществом использования интерактивных тренажеров является автоматизированная проверка действий обучаемого. В ходе решения курсантом ситуационной задачи автоматизированная система контролирует действия обучаемого без участия преподавателя, проверяя правильность выполнения задания, используя текстовые и графические подсказки. После выполнения курсантом интерактивной виртуальной работы вся информация о результатах доступна преподавателю, который может в режиме реального времени контролировать успеваемость учебной группы.

Среди существующих аппаратно-программных тренажерных комплексов можно отметить LapSim (совместная разработка хирургов университетской клиники Гётеборга, компании Сёджеликал Сайенс и Иммершн, комплекс учебно-тренировочных средств связи (КУТС)), автомобильный тренажер ОТКВ-2М (ООО «НПП «ТРЕНЕР»), симулятор военной и гражданской техники – Скорпион – (ООО НПП «Традиция»), тренажерные системы на основе технологии виртуальной реальности и средства создания виртуальных тренажеров LabView [2].

Рассматривая существующие средства и способы создания интерактивных тренажеров, можно сделать следующие выводы:

1) создание интерактивных тренажеров требует от их разработчика глубоких навыков программирования и опыта работы с графическими средствами моделирования, что не позволяет специалисту конкретной предметной области самостоятельно создавать тренажеры;

2) средства визуального построения интерактивных тренажеров ограничены, в большинстве случаев, одной предметной областью (например, программная система LabView направлена на создание виртуальных тренажеров в электротехнике). С учетом данных тенденций, в настоящей работе предлагается разработка интерактивного тренажера для изучения тактико-специальных дисциплин.

Задачи, решаемые интерактивным тренажером, представлены на рис. 1.



Рис. 1. Решаемые задачи

Рассмотрим необходимые средства разработки для решения поставленной задачи (рис. 2).

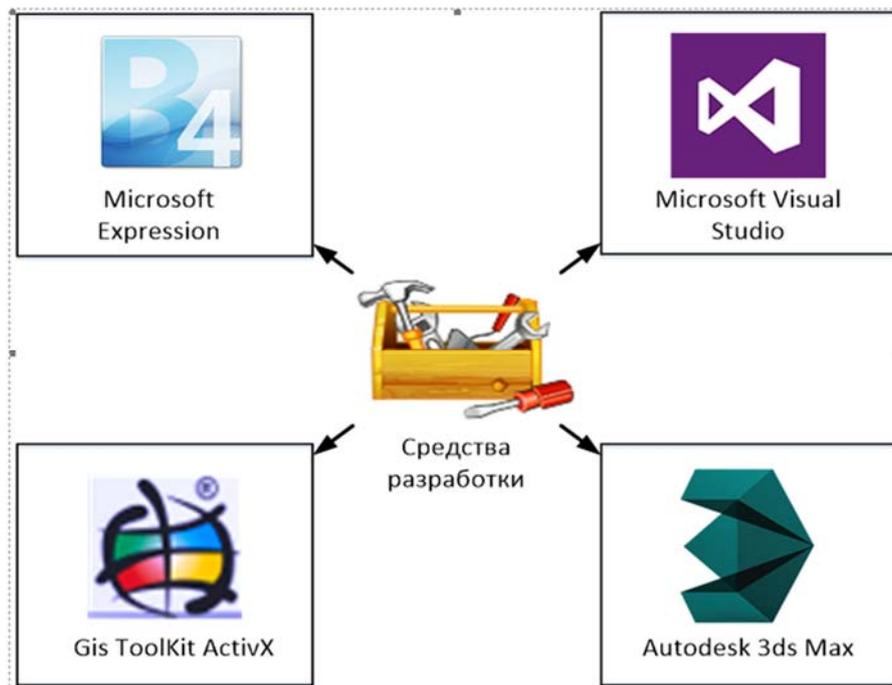


Рис. 2. Средства разработки

В качестве среды для разработки данного тренажера выбрана Microsoft Visual Studio 2015. В рамках среды выбран объектно-ориентированный язык программирования C#. Для написания графического интерфейса будем использовать технологию WPF (*Windows Presentation Foundation*). Если при создании традиционных приложений на основе WinForms за отрисовку элементов управления и графики отвечали такие части ОС Windows, как User32 и GDI+, то приложения WPF основаны на DirectX [3]. В этом состоит ключевая особенность визуализации графики в WPF: используя WPF, значительная часть работы по отрисовке графики, как простейших кнопочек, так и сложных 3D-моделей, выполняется графическим процессором, что также позволяет воспользоваться аппаратным ускорением графики. Но к недостаткам данной технологии можно отнести то, что по сравнению с приложениями на Windows Forms объем программ на WPF и потребление ими памяти в процессе работы в среднем несколько выше, а также данные приложения невозможно использовать на платформах семейства Linux [1].

В поставленной задаче возникает необходимость геоинформационного моделирования узла связи на местности. Для этих целей целесообразно использовать ГИС платформу. Достаточно использовать комплекс средств Gis ToolKit Active. Это набор COM объектов и компонентов ActiveX, предназначенный для разработки ГИС-приложений для Windows в любых средах разработки. Он обеспечивает полный комплект функций системы управления картографической базой данных. Для создания моделей узлов связи, которые в последующем будут размещаться на местности, используем

3dsMax – программное средство для 3D-моделирования, визуализации и анимации.

Пользовательский интерфейс играет важную роль в любом программном средстве. Он должен удовлетворять следующим требованиям:

- функциональность (соответствие задачам пользователя);
- понятность и логичность;
- обеспечение высокой скорости работы пользователя;
- обеспечение защиты от человеческих ошибок;
- быстрое обучение пользователя;
- субъективное удовлетворение пользователя.

Для удовлетворения этим требованиям используем Microsoft Expression Blend – программу от корпорации Microsoft, предназначенную для разработки дизайна графических настольных приложений, интерактивный WYSIWYG-редактор для дизайна интерфейсов, основанных на XAML-приложениях, для Windows Presentation Foundation и приложения Silverlight.

Для описания поведения разрабатываемой системы воспользуемся UML диаграммой вариантов использования (рис. 3).



Рис. 3. Диаграмма вариантов использования

«Оператором» является любое лицо, работающее с данной программой. Пользователи могут иметь различные права. Их воздействия на систему при этом различны.

«Информационно-справочный раздел» предоставляет пользователю справочную информацию по аппаратным тактического и оперативного звена управления. Информация предоставляется в текстовом виде, в виде таблиц или роликов. Помимо изучения информации по аппаратным пользователь может проверить свои знания по их составу.

«Формирование организационно-технической структуры УС». Согласно методическим разработкам, обучаемый должен сформировать поэлементную структуру УС. Из предлагаемых вариантов элементов УС выбирается необходимый в соответствии с решением задания [5].

Предполагается два варианта контроля успеваемости: обучение и контроль. В режиме обучения оператору предоставляется справочная информация по интересующим его вопросам и подсказки, при этом оценка оператору не выставляется. В режиме контроля генерируется задание, по итогу выполнения которого оператору выставляется оценка. Итогом работы с тренажером является построенная на местности схема размещения узла связи на местности.

Использование программного комплекса по изучению тактико-специальных дисциплин позволит сократить сроки изучения слушателями курсантами средств и комплексов связи, значительно сократив расходы на учебно-материальную базу. Позволит обеспечить самостоятельную подготовку обучаемых в ходе тренажей, самостоятельных работ; а также поможет предотвратить вывод из строя техники, связанный с неумелой эксплуатацией на начальном этапе ее освоения.

#### Список используемых источников

1. Андерсон, К. Основы Windows Presentation Foundation. М. : ДМК Пресс, СПб. : БХВ-Петербург, 2008. 432 с.: ил.
2. Рылов С. А., Софиев А. Э., Тараканов Ю. В. Разработка мобильного компьютерного тренажера для обучения операторов технологических процессов // Приборы. 2010. № 3. С. 19–24.
3. Петцольд Ч. Программирование для Microsoft Windows на C#. В 2-х томах. Том 1. / Пер. с англ. М. : Издательско-торговый дом «Русская Редакция», 2002. 576 с.: ил. ISBN 5–7502–0210—0
4. Матлин А. О., Фоменков С. А. Интерактивные средства обучения в образовательном процессе // В межвузовском сб. научных статей «Известия Волгоградского государственного технического университета». Сер. Актуальные проблемы управления, вычислительной техники и информатики в технических системах. Вып. 8. Волгоград: ВолгГТУ, 2010. № 6 (66). С. 110–111.
5. Иванов В. Г., Панихидников С. А., Кутенко В. А., Хвостова К. А. Применению технологий виртуальных интерактивных 3D панорам при изучении узлов связи пунктов управления // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. III Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. 2014. С. 825–829.
6. Иванов В. Г., Корнеенко Е. А., Панихидников С. А., Тевс О. П. Модель электронно-программного тренажера для изучения полевых узлов связи // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. IV Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. в 2 т. / под. ред. С. В. Бачевского. СПб., 2015. С. 1237–1242.

УДК 681.324

## ПРИМЕНЕНИЕ СРЕДСТВ ТРЕХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ 3D МОДЕЛЕЙ РАЙОНА БОЕВЫХ ДЕЙСТВИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

**Р. Г. Башлаев, В. Г. Иванов, Д. Д. Корякин, А. А. Полячков**

Военная академия связи имени Маршала Советского союза С. М. Буденного

*В статье проводится анализ возможностей программ использующихся для разработки трехмерных моделей и геоинформационной системы «Оператор». Рассмотрены задачи, которые могут решаться должностными лицами органов управления связи объединений с использованием возможностей ГИС и технологий трехмерного моделирования и порядок подготовке трехмерной модели элемента системы связи на местности.*

*3D графика, геоинформационная система, программа, технологии, моделирование, связь, цифровая модель местности.*

Двухмерное изображение не создаст такого полного представления об объекте, как трехмерная модель. Трехмерные программные модули в геоинформационной системе (ГИС) позволяют создавать в среде трехмерной местности объекты любой сложности: архитектурные постройки, дорожные конструкции, группы деревьев, вертолеты, автомобили, аппаратные связи и так далее. Трехмерное моделирование позволяет наилучшим образом описывать реальную местность, объекты окружающего мира и их взаимное расположение.

Отличие трехмерных ГИС от трехмерных интерактивных тренажеров или симуляторов, в том, что в ГИС любой трехмерный объект имеет географические координаты, т. е. осуществляется непосредственная привязка к местности. При этом объект можно выделить мышью, пространственно сравнить с другими объектами, связать с ним базу данных любой сложности, и таких объектов можно создать сколь угодно много. С позиций визуальных эффектов трёхмерная ГИС и трехмерная игра могут мало отличаться друг от друга, но содержательное отличие значительно.

Трёхмерное моделирование можно использовать для более эффектного представления района боевых действий, развертывания узлов связи с учетом рельефа реальной местности, также 3D моделирование успешно применяют в конструкторских проектах при создании различных моделей и легко заменит натуральное макетирование, например, позволит создать 3D модель

узла связи или элемента системы связи [1, 2] не посредственно на цифровые карты местности.

Трёхмерное изображение на плоскости в отличие от двумерного включает построение геометрической проекции объёмной модели на плоскость с помощью специализированных программ (рис. 1).



Рис. 1. Основные функции и возможности 3D программ

В настоящий момент ключевую роль на поле боя играет время принятия решения. При принятии решения немаловажную роль играет оценка оперативной обстановки, для этого исторически используют как классические бумажные карты, так и разнообразные макеты местности. Объединение технологий трёхмерной графики и геоинформационных систем реализована на базе приложений, входящих в состав ГИС «Оператор».

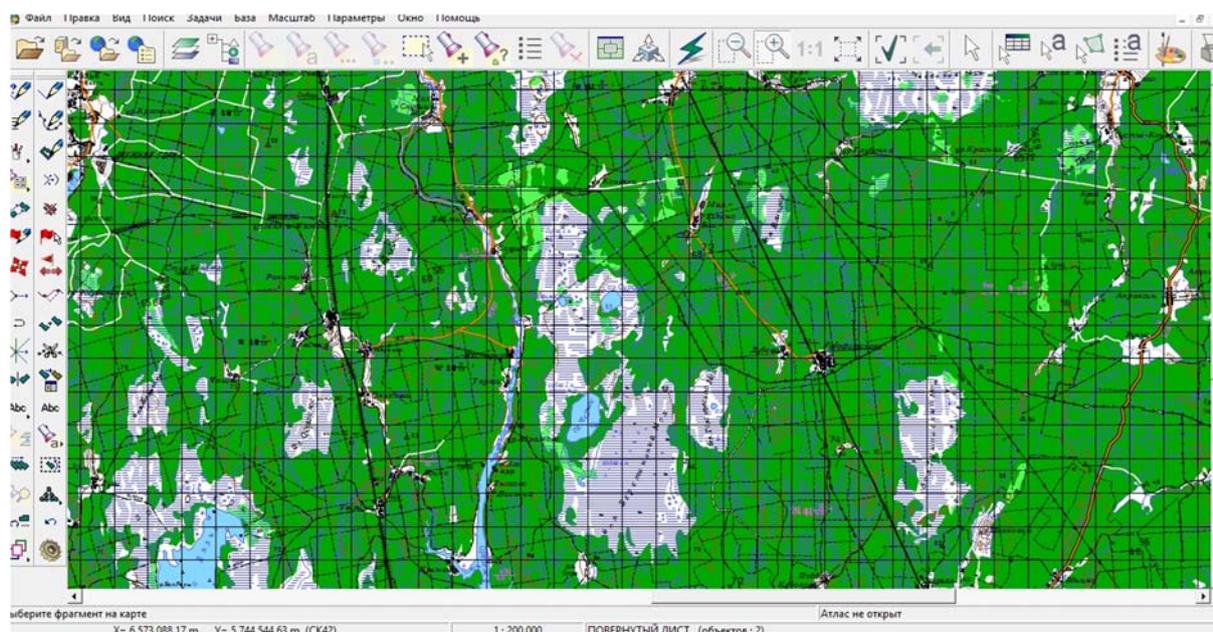


Рис. 2. Интерфейс ГИС «Оператор»

Основные направления использования ГИС «Оператор» [7]:

- топогеодезическое обеспечение войск, автоматизация учета и хранения данных, расчет запасов карт;
- ведение дежурных и оперативных карт и схем, автоматизация формирования графических документов;
- инструментальное и информационное обеспечение учений и командно-штабных тренировок;
- автоматизация процессов управления войсками, обеспечение развития;
- объемное моделирование местности и оперативной обстановки, создание виртуальных макетов местности;
- информационное обеспечение боевого применения высокоточного оружия;
- оперативный поиск и обеспечение картографическими материалами на требуемый район;
- анализ и прогнозирование оперативной обстановки;
- информационное обеспечение принятия оперативных решений;
- ГИС «Оператор» содержит средства редактирования оперативной обстановки, разнообразные классификаторы и библиотеки условных знаков оперативной обстановки, в том числе и трехмерные (рис. 3).

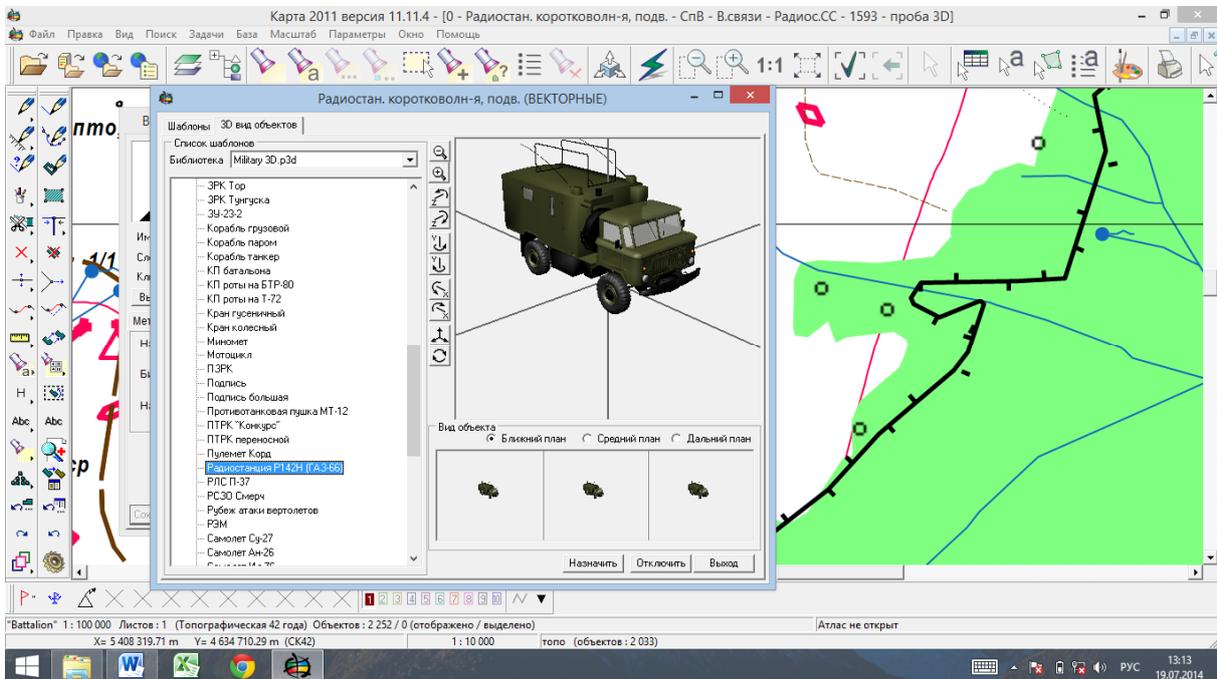


Рис. 3. Трёхмерный вид объекта в классификаторе ГИС «Оператор»

ГИС «Оператор» обеспечивает автоматизированную обработку различных видов пространственных данных (рис. 4):

- векторные карты и планы в различных проекциях и системах координат, включая морские карты, радионавигационные (воздушные), навигационные и другие;
- данные дистанционного зондирования земли, включая космические снимки в оптическом диапазоне,
- мульти-спектральные снимки, данные лазерного сканирования, данные эхолотации и другие;
- регулярные матрицы высот, матрицы качественных характеристик
- (покрытия), TIN-модели;
- 3D-модели.

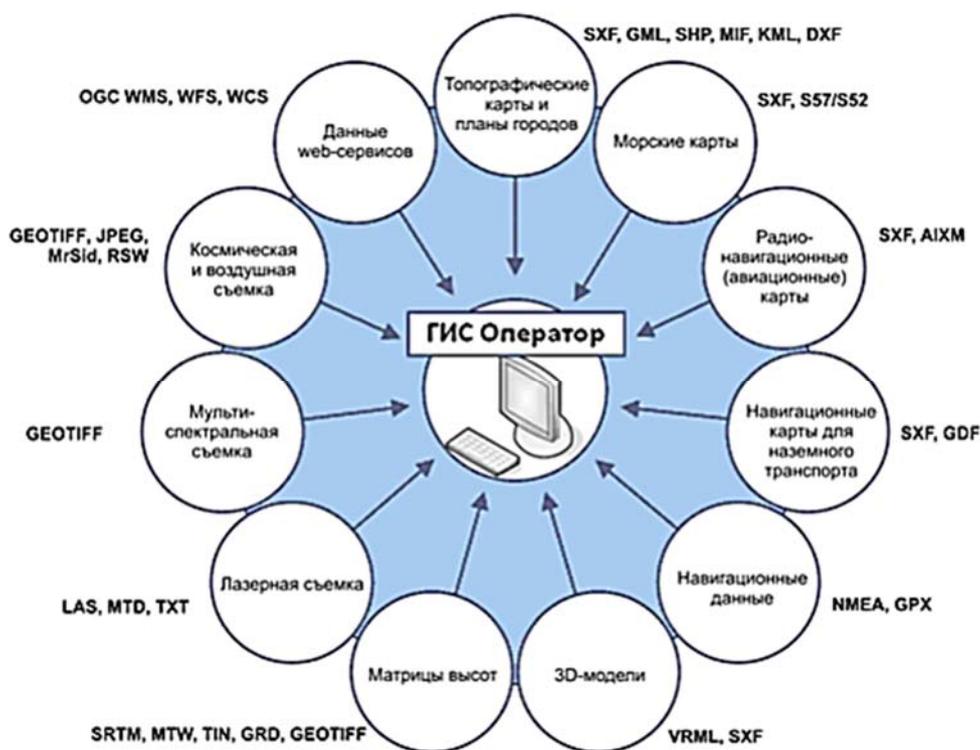


Рис. 4. Виды данных, обрабатываемых в ГИС «Оператор»

Средством работы с **3D** – моделями реальной местности, создаваемыми в ГИС «Оператор», является модуль **«Навигатор 3D (отображение трехмерной модели местности)»** в меню «Задачи» ГИС «Оператор».

В ходе работы должностных лиц органов управления связи, решают различные задачи. При этом с использованием трёхмерного моделирования могут решаться задачи по связи:

- построение трехмерной модели района операции на основе электронных рабочих карт должностных лиц;
- нанесение данных обстановки по связи с использованием 3D классификатора оперативных знаков;

- создание базы пользовательских карт в органе управления связи с трёхмерными знаками оперативной обстановки и обстановки по связи;
- использование комплекса 3D анализа для выполнения информационных расчетных задач;
- определение местоположения объектов (элементов) системы связи на месте с учетом рельефа местности;
- совершенствование баз данных классификаторов ГИС;
- определение пригодности мест развертывания УС ПУ ОУС и других элементов систем связи с учетом обработки данных с возможностью развития различных природных и техногенных катастроф;
- оценка оперативной обстановки и обстановки по связи с учетом реального рельефа местности;
- отображение текущей информации о местоположении объектов связи на ЦКМ у ОД ПУС объединения;
- создание визуальной модели развертывания УС ПУ, его вынесенных элементов, маршрутов прокладки линий связи;
- качественная (визуальная) оценка выбранных мест развертывания элементов СС, маршрутов прокладки линий связи, мест преодоления различных препятствий (водных преград, перевалов в горных районах и т. д.);
- комплексная оценка (количественная и качественная), оценка выбранных мест развертывания элементов системы связи, маршрутов прокладки линий связи и движения подвижных средств связи, мест преодоления различных препятствий (водных преград, перевалов в горных районах и т. д.);
- расчет перспективной модели для любой задаваемой точки обзора;
- создание динамической модели «полета» над территорией.

Несмотря на то, что эффективность использования ГИС доказана многолетним применением, имеются и недостатки, которым относятся:

- высокие требования к производительности автоматизированных рабочих мест (ПЭВМ);
- сложность подготовки должностных лиц для эксплуатации ГИС с элементами трехмерного моделирования;
- отсутствие единого классификатора оперативных 3D знаков для ГИС «Оператор»;
- сложность добавления новых 3D моделей в классификатор в связи с импортированием 3D моделей в формате, VMRL который устарел;
- сложность масштабирования объектов на 3D моделей;
- большой объем пользовательского слоя, свыше 250 Мбат.

Рассмотренные в статье предложения по использованию геоинформационных систем позволят кардинально пересмотреть порядок применения ГИС при организации связи.

**Список используемых источников**

1. Геоинформационная система «Карта 2011». Технология построения трехмерной модели панорама 1991–2010. Ногинск. 2010.
2. Геоинформационная система «Карта 2011». Технология создания библиотеки трехмерных знаков тактической, оперативно-тактической обстановки. Панорама 1991–2013 Ногинск. 2013.
3. Сайт «Программист». URL: <http://olocoder.ru>.
4. Иванов В. Г., Бородин Н. Д. Основы формирования единого геоинформационного пространства специального назначения с использованием Web-технологий // САПР и графика. 2016. № 3. С. 18–20.
5. Горбунов А. А., Пономорчук А. Ю., Иванов В. Г. Использование геоинформационных систем при принятии управленческих решений в единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций // Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России. 2015. № 2. С. 71–76.
6. Сайт «КБ Панорама». URL: <http://www.gisinfo.ru>.
7. Сайт «ГИС Техник». URL: <http://gistechник.ru>

УДК 004.89

**ПРОФИЛИРОВАНИЕ КЛИЕНТОВ ИНФОРМАЦИОННОЙ  
СИСТЕМЫ, МЕТОДАМИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО  
АНАЛИЗА ДАННЫХ****М. П. Белов, Д. А. Распопов**

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*В статье рассмотрены методы и средства профилирования клиентов информационных систем, на основе анализа поведения пользователей. Рассмотрены наиболее перспективные архитектурные и методологические аспекты интеллектуального анализа данных, для построения модели профилирования студентов в информационной среде высшего учебного заведения.*

*интеллектуальный анализ данных, нейронные сети, логирование, профилирование, образование.*

Рассматриваемая система, модернизируемая под возможности профилирования клиентов, обладает следующим функционалом:

– возможность отправки и получения push уведомлений и хранение истории уведомлений об образовательном процессе и связанном с ним информацией;

– возможность ведения электронной системы достижений, для фиксирования таких успехов, а также повышения мотивации и поощрения активных студентов;

– возможность ведения календаря, содержащего расписание занятий, информацию о проводимых университетом разного рода мероприятиях, не входящих в обязательную учебную программу, таких как факультативные занятия, общественные мероприятия, конкурсы и соревнования, проводимые университетом;

– возможность формирования групп пользователей, участвующих вне учебной деятельности университета в составе различных сообществ и организаций, зарегистрированных в рамках университета.

Архитектурно концептуальная схема информационной системы представляет из себя гибрид двух архитектурных паттернов MVC (*Model-View-Controller*) и MVVM (*Model-View-ViewModel*), данные паттерны являются самыми известными и широко используются при проектировании различных систем. Однако в поставленной задаче использование этих паттернов привело к увеличению расходов на разработку и поддержку информационной системы, проблемы с последующей расширяемостью системы, проблемы с логированием входящего и исходящего потоков данных для проведения интеллектуального анализа [1] поведения пользователя и его последующего профилирования.

Для решения этих проблем паттерны были объединены путем внедрения в паттерн MVVM, части паттерна MVC, для создания в системе узкого места в котором можно перехватывать входящий и исходящий потоки и производить их фильтрацию и логирование для последующей обработки. Концептуальная схема архитектуры распределенной информационной системы для сопровождения учебного процесса и интеллектуального анализа поведения пользователей представлена на рисунке.

View – является визуальным интерфейсом системы, с которым непосредственно взаимодействует пользователь.

ViewModel – отправляет данные на сервер приложения, принимает данные с сервера приложения, обрабатывает данные и создает новое представление либо изменяет текущее.

Controller – отвечает за аутентификацию пользователя и маршрутизацию запросов внутри приложения, устанавливает соответствие запроса с определенной моделью, преобразует http запрос в коллекцию данных валидную для модели.

Model – отвечает за работу с базой данных и сторонними сервисами отвечает за CRUD (*create, read, update, delete*) функционал приложения.

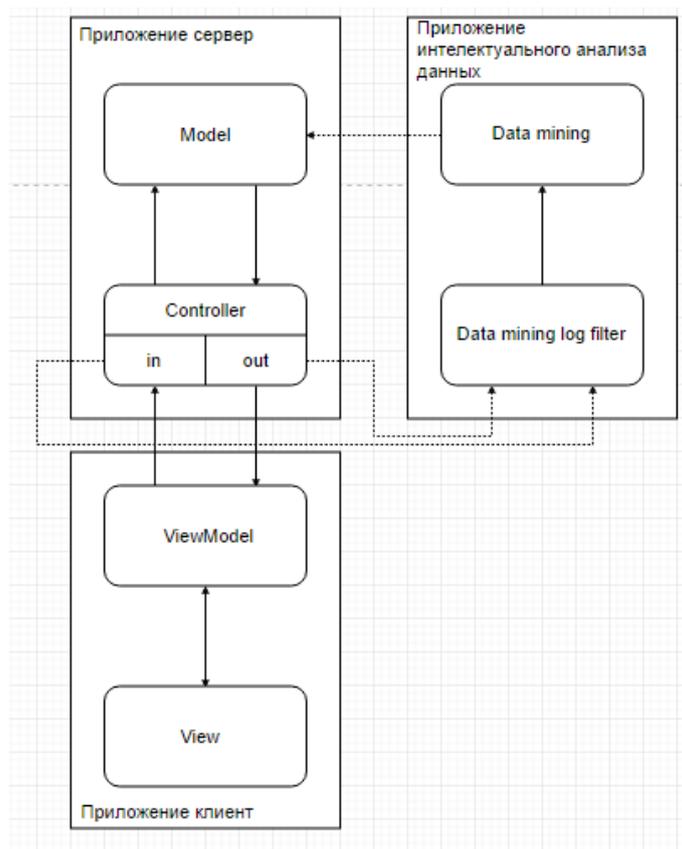


Рисунок. Концептуальная схема архитектуры информационной системы

Подготовительный этап перед сбором и анализом данных, включает в себя тегирование всей информации, загружаемой в систему. Таким образом вся информация, проходящая через систему, помечается данными семантическими маркерами, например, если в новости содержится информация о факультативе по программированию, на языке Java, то ей должны быть присвоены соответствующие теги факультатив, программирование, Java.

Если вся информация в системе корректно тегирована, то начинает работать следующий метод, логирование. Логирование должно производиться в двух ключевых точках, точке входа и точке выхода контроллера, отмеченными на рисунке, как in и out. Процесс логирования подразумевает работу с такой областью, как большие данные «Big Data» [2], так как даже несколько тысяч пользователей создавая одним обращением две записи в базе данных способны породить миллионы и десятки миллионов записей в достаточно короткие сроки. Наиболее перспективным в этом плане является использование NoSql хранилищ данных [3]. Несмотря на то, что использование Sql хранилищ возможно, они не обеспечивают достаточной степени расширяемости [4], без дополнительного обслуживания, что увеличивает затраты на реализацию и поддержку системы.

При логировании мы получаем пару значений запрос – ответ, содержащие семантическую информацию о том, что хотел получить пользователь, и что он получил. Рассматривая такие пары в хронологической последовательности, мы получаем цепочки, описывающие поведение пользователя в системе. Анализируя элементы этих цепочек по таким признакам как время, прошедшее между созданием соседних событий и семантическую связанность как соседних, так и периодичных не соседних событий, можно получить информацию о областях наиболее и наименее интересных пользователю. Исходя из этой информации, каждому пользователю, может быть присвоен определённый профиль, состоящий из параметров, описывающих области знания, а также социальные области и коэффициентов, описывающих степень заинтересованности пользователя в этих областях.

Одним из наиболее перспективных механизмов решения этой зада является нейронная сеть [5], использующая в качестве одного из параметров обратно распространяемой ошибки время между запросами, соответствующее времени работы пользователя с определенной информацией. Определив среднее либо медианное время прочтения информации, с учетом количества слов, от момента ее открытия, до момента следующего запроса, либо выхода из приложения, мы можем определять степень отклонения от данного медианного значения, как степень заинтересованности пользователя рассматриваемой информацией. Используя этот параметр как обратно распространяемую ошибку, а набор входящих и исходящих тегов как входные сигналы нейронной сети, на выходе возможно получить коэффициент, либо вероятность, связывающие пользователя и семантическую метку.

Несмотря на то, что нейронные сети являются одним из наиболее перспективных методов и технологий для подобного рода анализа, для полученных последовательностей могут быть использованы практически любые методы анализа информации, применяемые в интеллектуальном анализе данных, такие как обучение ассоциативным правилам, классификация, кластерный анализ, статистический анализ и другие.

Внедрение подобной системы в учебный процесс делает возможным сбор и анализ такой информации, которая раньше была недоступна в таких объемах и структурах. Работа с такими данными [6] это один из наиболее эффективных путей улучшения качества образования и обеспечения студентов необходимыми им средствами и возможностями.

#### **Список используемых источников**

1. Акимов А. А. Проектирование информационно-аналитической системы мониторинга на базе технологий *olap* и *data mining* // Труды Международного симпозиума «Надежность и качество». 2011. Т. 1. С. 130–140.

2. Клеменков П. А. Кузнецов С. Д. Большие данные: современные подходы к хранению и обработке // Труды Института системного программирования РАН. 2012. Т. 23. С. 143–156.
3. Кузнецов С. Д. К Свободе от проблемы больших данных // Открытые Системы СУБД. 2012. № 2. С. 22.
4. Шалтунович А. В. Нереляционные системы хранения в условиях проблемы больших данных и распределенных вычислений // Вестник Нижневартковского государственного университета. 2013. № 1. С. 47–51.
5. Стоянов А. К. Применение рекуррентной нейронной сети для решения задачи кластеризации // Известия Томского политехнического университета. 2009. № 5. С. 144–149.
6. Адоньев Р. В. Информационная система сбора и анализа образовательной статистики [Электронный ресурс] // М. С. Заботнев, Д. В. Ионов. URL: [http://www.ict.edu.m/vconf/index.php?a=vconf&c=getForm&d=Hght&id\\_sec=59&id\\_thesis=1946&r=thesisDesc](http://www.ict.edu.m/vconf/index.php?a=vconf&c=getForm&d=Hght&id_sec=59&id_thesis=1946&r=thesisDesc) (дата обращения: 15.02.2017).

УДК 004.031.42

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ НА БАЗЕ СЕТИ GSM

**К. В. Белоус, Е. В. Давыдова**

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*Представлен прототип системы контроля и управления доступом на базе платформы Arduino. Предложенная система снабжена функциями управления по каналам мобильной связи, а так же включает датчики контроля несанкционированного вторжения и подсистему оперативного оповещения.*

*контроль доступа, СКУД, GSM, охрана, Arduino.*

Одним из условий успешного функционирования образовательного учреждения является выполнение комплекса мероприятий и действий, направленных на обеспечение безопасности, находящихся на его территории людей [1]. Реализация данных мероприятий предполагает наличие технических и программных средств различного назначения, интегрированных в Единую систему управления образовательным учреждением, являющуюся частью Единого информационного пространства образовательного учреждения, интегрированного в Единое информационное пространство Российской Федерации.

Автоматизированная система контроля и управления доступом, с одной стороны, позволяет избежать внештатных ситуаций, связанных с несанкционированным доступом в помещения, с другой стороны позволяет аккумулировать в базе данных информацию о посещаемости как учащихся (школьников, студентов, слушателей), так и преподавателей (учителей, лекторов). Внедрение автоматизированной системы контроля и управления доступом является важной задачей образовательных учреждений.

В настоящей статье рассматривается усовершенствованный вариант системы контроля и управления доступом, описание функциональных возможностей которой было рассмотрено в работе [2]. Представленная система имела следующие недостатки:

1. Необходимость постоянного ношения идентификационного устройства (карты доступа стандарта 125 kHz);
2. Отсутствия возможности оперативного оповещения о проникновении (несанкционированном доступе) в помещение;
3. Возможность кражи/подделки/копирования карты доступа, а также возможность её утраты и некоторые другие.

Предлагаемый и представленный в данной статье усовершенствованный вариант системы контроля и управления доступом реализован на базе сети GSM, что позволяет избавиться от кабельной проводки, прокладка которой может быть в некоторых случаях затруднительна, а то и невозможна. Для управления системой достаточно наличия мобильного телефонного аппарата любой фирмы и любого уровня сложности.

Функциональная схема узла предлагаемой автоматизированной системы контроля и управления доступом (АСКУД) представлена на рис. 1.

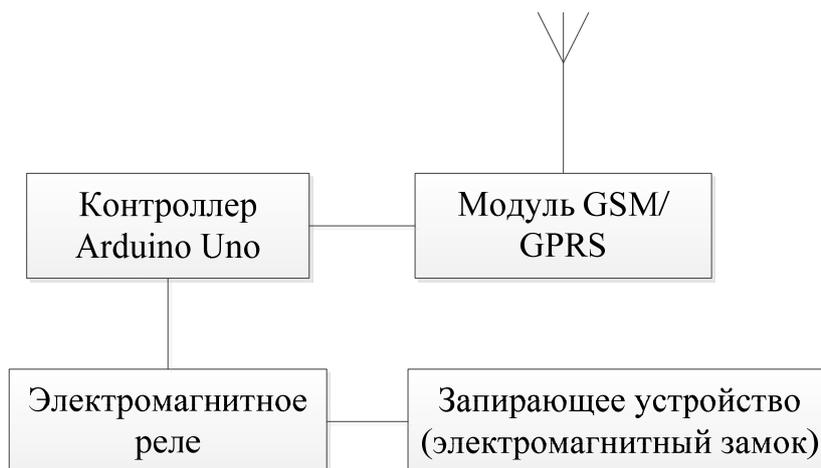


Рис. 1. Функциональная схема узла АСКУД (цепи питания не показаны)

Компоненты автоматизированной системы и их краткое описание представлены в таблице.

ТАБЛИЦА. Компоненты автоматизированной системы

Наименование	Краткая характеристика
Arduino Uno	Микропроцессорная плата, выполненная на базе процессора ATmega328p с тактовой частотой 16 МГц, обладает памятью 32 кБ и имеет 20 контролируемых контактов ввода и вывода для взаимодействия с внешней средой [3].
Электромагнитное реле	Представляет собой механический выключатель, которым может управлять микроконтроллер. Управляющим сигналом является любое напряжение от 3 до 5 вольт. Электрическая связь между платой и коммутируемой нагрузкой отсутствует. В реле предусмотрен как нормально разомкнутый, так и нормально замкнутый контакт. Рассчитано на постоянный или переменный ток силой до 15 А [3].
Электромагнитный замок	Состоит из корпуса с электромагнитом и якоря из металла с большой магнитной проницаемостью. Используется в качестве исполнительного устройства систем управления дверьми. Мощность электромагнита должна быть достаточной, чтобы исключить возможность силового открывания двери без видимых повреждений [3].
GSM/ GPRS модуль	GPRS Shield представляет собой плату расширения, позволяющую Arduino работать в сетях сотовой связи по технологиям GSM/GPRS для приёма и передачи данных, SMS и голосовой связи. Плата построена на базе модуля SIMCom SIM900 [3].

Структура Автоматизированного рабочего места (АРМ) оператора СКУД представлена на рис. 2. Система обладает следующими функциональными возможностями:

- ведение журнала доступа с указанием даты и времени сервисных запросов на открытие помещений, а также их результатов;
- ведение картотеки работников с указанием фамилии, имени, отчества, должности и структурного подразделения;
- ведение перечня легитимных аудиторий и временных интервалов, в течение которых конкретному сотруднику разрешён доступ в конкретное помещение.

Опишем организацию работы данной системы. Предварительно оператор СКУД на АРМ производит наполнение базы данных, в которую включаются следующие сведения: сведения о фамилии, имени и отчестве сотрудника или студента, номер мобильного телефона, являющийся в данном случае его персональным идентификатором, а также перечень аудиторий

и временных интервалов, в течение которых ему разрешён доступ. Для получения доступа в помещение необходимо произвести отправку SMS-сообщения на номер АРМ. В том случае, если пользователь является легитимным, т. е. выполняются следующие условия: • доступ в помещение разрешён владельцу номера, с которого поступил запрос; • время запроса укладывается во временной интервал, в который пользователю разрешён доступ, – то производится отправка сервисного SMS-сообщения на номер, который закреплён за узлом СКУД.

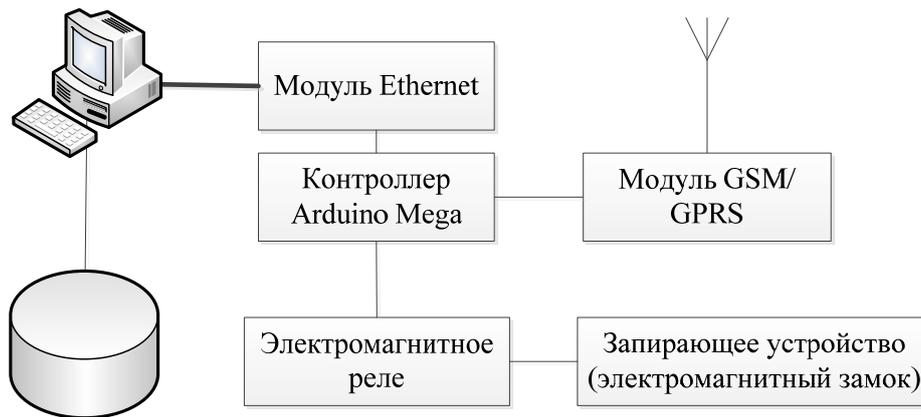


Рис. 2. Функциональная схема АРМ оператора СКУД (цепи питания не показаны)

При поступлении входящего SMS-сообщения система производит переключение нормально замкнутых контактов реле в противоположное положение, обеспечивая снятие питающего напряжения с электромагнитного замка. Время, в течение которого система остается в данном положении может быть задано индивидуально. Фрагмент СКУД представлен на рис. 3.

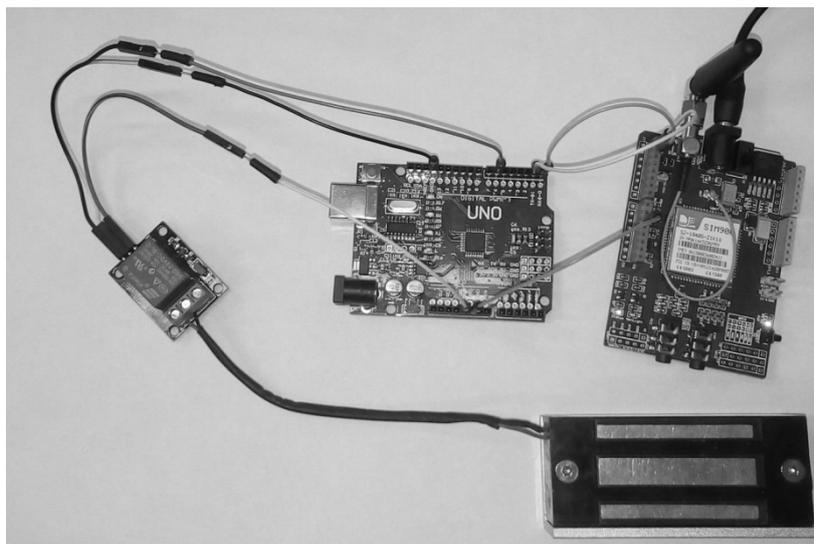


Рис. 3. Элементы системы контроля и управления доступом (линии питания не показаны)

Кроме того, путём небольшой доработки в систему может быть добавлена возможность контроля проникновения через окна или любые внешние интерфейсы, реализованная с использованием ультразвуковых датчиков расстояния HC-SR04 (рис. 4).



Рис. 4. Ультразвуковой датчик расстояния HC-SR04

При разработке прототипа системы предполагалось, что в АРМ оператора установлена SIM-карта с безлимитным пакетом SMS-сообщений, так как трафик, генерируемый системой может достигать нескольких сотен SMS-сообщений в сутки, что является экономически невыгодным в случае поштучной оплаты каждого отправленного сообщения.

В дальнейшем предполагается разработка приложения для мобильного телефона под операционную систему Android, позволяющего выполнять запросы с использованием удобного пользовательского интерфейса.

#### Список используемых источников

1. Соболев А. Н., Кириллов В. М. Физические основы технических средств обеспечения информационной безопасности. М. : Гелиос АРВ, 2004. 224 с. ISBN 5-85438-084-6.
2. Белоус К. В., Берин Д. А., Давыдова Е. В. Автоматизированная система управления контролем доступа на базе Arduino // «Студенческая весна – 2016». 70-я Региональная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых учёных, СПбГУТ. СПб., 2016. С. 279–284.
3. Сайт компании «Амперка» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.amperka.ru> (дата обращения: 02.03.2017).

УДК 004.942

## ИМИТАЦИОННЫЙ ПОДХОД К МОДЕЛИРОВАНИЮ СИСТЕМЫ РАЗГРАНИЧЕНИЯ ДОСТУПА К ЕДИНОМУ ИНФОРМАЦИОННОМУ ПРОСТРАНСТВУ

М. А. Бирюков, А. А. Брунилин, И. Б. Саенко

Военная академия связи имени Маршала Советского Союза С.М. Буденного

*В статье описана система разграничения доступа к единому информационному пространству. Предложен метод имитационного моделирования для разработки системы разграничения доступа к единому информационному пространству. Разработан алгоритм поведения системы управления разграничением доступа к ресурсам единого информационного пространства, который предлагается использовать для обеспечения доступности ресурсов единого информационного пространства при их интеграции.*

*единое информационное пространство, разграничение доступа, имитационная модель, информационный ресурс.*

Современная тенденция по объединению совместно разделяемых ресурсов среди автоматизированных систем различного назначения реализует новые возможности по повышению совокупной эффективности аппаратного и программного обеспечения и критически важных данных в таких системах. Помимо всех перечисленных достоинств, не стоит забывать и о значительном увеличении количества угроз безопасности. Таким образом, задача обеспечения безопасности и разграничения доступа к ресурсам единого информационного пространства является актуальной.

Единое информационное пространство является прототипом облачной инфраструктуры и представляет собой модель сетевого доступа в режиме «по требованию», которая предполагает использование различных ресурсов помимо имеющихся на рабочей станции, на которой работает пользователь, а также ресурсов сторонней инфраструктуры [1].

Для своевременного обнаружения ошибок разграничения доступа в едином информационном пространстве должен реализовываться адаптивный контроль [2]. Поэтому предлагаемый подход направлен, прежде всего, на повышение доступности информационных и вычислительных ресурсов единого информационного пространства. В свою очередь модель разграничения доступа (*access control model*) проверяет полномочия субъектов доступа и предоставляет (или не предоставляет) доступ к запрашиваемым объектам. В связи с тем, что единое информационное пространство по аналогии

с облачной инфраструктурой является, как правило, мультиарендной средой (*multi-tenant environment*), риск реализации несанкционированного доступа к ее критическим активам и ресурсам значительно увеличивается.

Цель настоящей работы заключается в реализации подхода к администрированию схемы разграничения доступа, позволяющего оценить выполнение критериев доступности. Имитационный подход позволяет оценить эффективность управления доступом и, соответственно, безопасность единого информационного пространства.

Основной проблемой повсеместного использования единого информационного пространства являются информационная безопасность в совместно разделяемой среде. Опасения относительно сохранности конфиденциальных данных, относящихся как к коммерческой тайне, так и к персональным данным, до сих пор остаются главным препятствием широкого внедрения облачных технологий.

Наиболее распространенной является ролевая модель контроля доступа (*Role-Based Access Control*, RBAC). В модели RBAC администратор безопасности производит формирование и назначение ролей и построение иерархии ролей. В соответствии с назначенными ролями определяются разрешенные полномочия пользователей [3]. Ключевыми достоинствами данной модели являются: легкая управляемость и контролируемость поведения объектов и субъектов в системе; возможности построения иерархий и масштабирования; выражение средствами ролевой модели дискреционную и мандатную модели разграничения доступа, которые получили наибольшее применение в различных автоматизированных системах.

Каждая роль формируется, исходя из задач пользователя. Роль содержит минимально необходимый набор полномочий, которые необходимы пользователю для выполнения своих функциональных обязанностей. Модель RBAC получила широкое распространение в облачных структурах в связи с тем, что она тесно связана с процессами идентификации пользователей облачных хранилищ и сервисов.

На рисунке приведено вариант классического представления ролевой модели доступа (пример взят из [4]).

Модель RBAC использует следующие формальные обозначения:

- $|ROLES| \rightarrow \text{min}$  – множество **пользователей**;
- $PRMS = \{p_j\}, j = 1, \dots, n, n = |PRMS|$  – множество **полномочий**;
- $ROLES = \{r_l\}, l = 1, \dots, k, k = |ROLES|$  – множество ролей;
- $UA \subseteq U \times ROLES$  – отображение множества пользователей на множество ролей;
- $PA \subseteq PRMS \times ROLES$  – отображение множества полномочий на множество ролей;

–  $UPA \subseteq U \times PRMS$  – отображение множества пользователей на множество полномочий.

Следует отметить, что результат последовательного применения друг за другом отображений  $UA$  и  $PA$  может отличаться от  $UPA$ , если ролевая схема имеет некоторые ограничения или она сформирована администратором некорректно. Поэтому для такого отображения принято использовать обозначение  $DUPA$ , что означает *Direct UPA* (рис.).

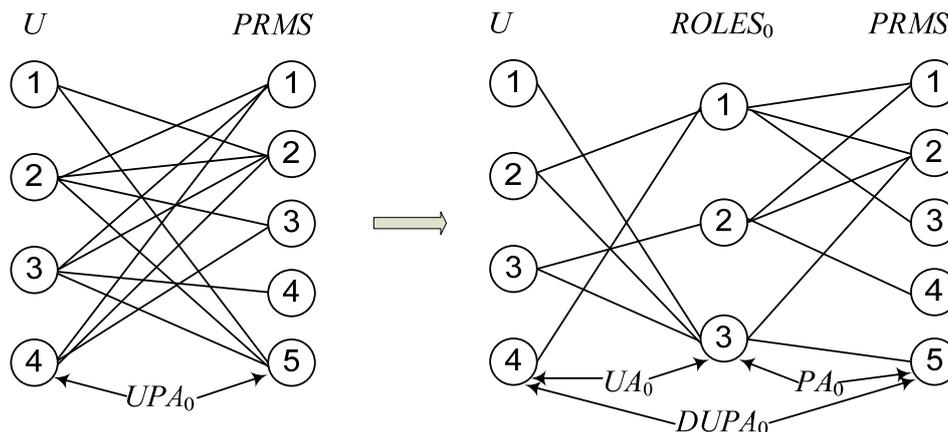


Рисунок. Пример классического представления ролевой модели доступа

Совокупность  $\langle U, PRMS, ROLES, UA, PA \rangle$  принято называть конфигурацией, или схемой RBAC, которая обозначается в статье как  $ChRD_{\text{адм}}$ . В дальнейшем будет использоваться второе определение.

Управление элементами единого информационного пространства, такими как сеть, сервера, операционные системы, системы хранения и индивидуальные пользовательские приложения, осуществляется, как правило, провайдером предоставляемого сервиса. Так как при этом зачастую используются различные методы виртуализации, возникает необходимость обеспечения адекватной защиты инфраструктуры в соответствии с требованиями регулятора. Однако в настоящее время пока еще нет согласованных взаимных требований к защите подобных инфраструктур. Поэтому предполагается, что защиту единого информационного пространства организация производит самостоятельно.

В едином информационном пространстве действия пользователя имеют случайный и непрерывный характер, что значительно затрудняет управление ресурсами и усложняет обеспечение безопасности системы в целом. В соответствии с выше изложенным, остро встает проблема эффективного администрирования схем разграничения доступа к ресурсам единого информационного пространства.

Для исследования поведения системы управления разграничением доступа единого информационного пространства и решения проблемы эффективного администрирования схем разграничения была разработана модель, имитирующая следующие процессы: 1) формирование схемы RBAC и отображения *DUPA*; 2) обработка запросов пользователей на доступ к ресурсам единого информационного пространства; 3) генерация и реализация изменений в схеме RBAC; 3) оценка эффективности разграничения доступа. Модель носит многоагентный имитационный характер. Для ее функционирования разработан специальный алгоритм, который ориентирован на использование в качестве исходных данных результатов реализации методики интеграции локальных схем разграничения доступа к ресурсам единого информационного пространства [5].

Разработанный алгоритм содержит следующие шаги.

Шаг 1. Ввод исходных данных. Формирование одномерных массивов агентов пользователей *aUsers* и агентов ресурсов *aResources*. Заполнение значений полномочий агентов осуществляется по нормальному закону распределения со значением  $\sigma = 0,4$ . Значения массивов отвечают требованиям по доступу к ресурсам, выраженным отображением пользователей на полномочия *UPA*.

Шаг 2. В соответствии со значениями массивов, сформированных на шаге 1, для администратора безопасности случайным способом формируется двумерный массив схемы разграничения доступа *ChRD<sub>адм</sub>* на основе ролей, который выражает последовательное отображение пользователей на роли и роли на полномочия *DUPA*.

Шаг 3. Создание очереди обращений пользователей на доступ к ресурсам, которая осуществляется вводом количества обращений за доступом ( $N_{\text{общ}}$ ) и выборкой элементов массивов, введенных на шаге 1, в соответствии с законом нормального распределения.

Шаг 4. Работа параметрического цикла перебора очереди обращений пользователей к ресурсам в соответствии со *ChRD<sub>адм</sub>*. В процессе выполнения цикла динамически определяется количество изменений *changes*, вносимых администратором безопасности в первоначальную схему *ChRD<sub>адм</sub>*. Каждое такое изменение с заданной вероятностью, положенной равной  $10^{-2}$ , приводит к ошибочным расхождениям со значениями исходных массивов, выражающих отображение *UPA*. При выполнении цикла в соответствии с результатами доступа осуществляется наполнение следующих счетчиков имитационной модели:

$N_{\text{ош}}^{\text{дост}}$  – количество фактов несанкционированного доступа;

$N_{\text{ош}}^{\text{отк}}$  – количество необоснованных отказов в доступе;

$N_{\text{прав}}^{\text{дост}}$  – количество обоснованных отказов в доступе;

$N_{\text{общ}}$  – общее количество обращений.

Шаг 5. Выполнение расчетов для проведения оценки эффективности разграничения доступа по следующим формулам:

$$N_{\text{нод}} = \frac{N_{\text{ош}}^{\text{отк}}}{N_{\text{общ}} - N_{\text{прав}}^{\text{отк}}}; \quad (1)$$

$$N_{\text{нсд}} = \frac{N_{\text{ош}}^{\text{дост}}}{N_{\text{общ}}}; \quad (2)$$

$$K_{\text{ош}} = 1 - (1 - N_{\text{нсд}})(1 - N_{\text{нод}}). \quad (3)$$

Выражение (1) позволяет рассчитать коэффициент необоснованного отказа в доступе  $N_{\text{отк}}$ , выражение (2) – рассчитать коэффициент несанкционированного доступа  $N_{\text{нсд}}$ , а выражение (3) – коэффициент возникновения ошибок доступа  $K_{\text{ош}}$ .

Ключевыми элементами разработанного алгоритма является возможность учета количества изменений, вносимых администратором безопасности в схему разграничения доступа, позволяющая принимать обоснованные решения о необходимости перепроектирования или реконфигурации схемы разграничения доступа.

Использованная традиционная модель ролевого разграничения доступа была доработана описанными выше процессами контроля схемы RBAC и оценки эффективности разграничения доступа. Для реализации модели было использовано программно-инструментальное средство AnyLogic, наиболее точно отражающее особенности решаемой задачи.

Направления дальнейших исследований направлены на расширение функциональных возможностей модели управления разграничением доступа к ресурсам единого информационного пространства за счет реализации процедуры оперативной реконфигурации схем RBAC и их апробации в реальных информационных системах с реализованными механизмами ролевого разграничения доступа.

#### Список используемых источников

1. Куваев В. О., Саенко И. Б. Концептуальные основы интеграции неоднородных информационных ресурсов предприятия в едином информационном пространстве // Проблемы экономики и управления в торговле и промышленности. 2014. № 7. С. 101–104.
2. Авраменко В. С. Адаптивный контроль защищенности информации от несанкционированного доступа на основе информационных образов // Проблемы информационной безопасности. Компьютерные системы. 2010. № 2. С. 45–49.

3. Saenko I., Kotenko I. Reconfiguration of RBAC schemes by genetic algorithms // Proceedings of 10th International Symposium on Intelligent Distributed Computing – IDC'2016. Springer-Verlag. Studies in Computational Intelligence. Vol. 678. 2017. PP. 89–98.

4. Vaidya J., Atluri V., Guo Q. The Role Mining Problem: Finding a Minimal Descriptive Set of Roles // Proceedings of the 12th ACM symposium on Access control models and technologies (SACMAT '07). ACM, New York, NY. 2007. PP. 175–184.

5. Саенко И. Б., Бирюков М. А. Методика интеграции локальных схем разграничения доступа к разнородным ресурсам единого информационного пространства // Материалы конференции «Информационные технологии в управлении» (ИТУ–2016). СПб. : АО «Концерн «ЦНИИИ «Электронприбор», 2016. С. 758–762.

УДК 004.822

## СПОСОБ ФОРМИРОВАНИЯ ЕДИНОЙ СЕМАНТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРЕДМЕТНЫХ ОБЛАСТЕЙ КОМПЛЕКСА РАЗНОРОДНЫХ ЗАДАЧ

**М. А. Бирюков, А. А. Брунилин, И. Б. Саенко**

Военная академия связи имени Маршала Советского Союза С. М. Буденного

*В статье изложен способ поэтапного формирования семантической модели единого программного комплекса разнородных задач с использованием онтологий. Разработана последовательность этапов и действий при формировании семантической модели. Получены формальные выражения для описания этапов способа и расширения базы логического вывода онтологий в ходе анализа и адаптации концептуализированных предметных областей рассматриваемой задачи. Предложен вариант концептуализации предметных областей задачи с использованием комбинации приемов структурной и иерархической декомпозиции системы критериев.*

*семантическая модель, онтология, концепт, искусственный интеллект.*

Автоматизация управленческой деятельности производственных и информационных процессов неотъемлема от построения программных комплексов, объединяющих комплексы разнородных задач (КРЗ). Практика создания и эксплуатации КРЗ показывает, что их программные сегменты обладают низкой совместимостью при приемлемой эффективности. Данный факт вступает в противоречие с требованиями к управлению, высокая эффективность которого может быть достигнута только в условиях комплексного анализа разнородных исходных данных и результатов их обработки [1, 2].

Предлагаемый способ  $S$  рассматривает КРЗ  $W$  как совокупность взаимодействующих предметных областей (ПрО)  $T(W) = \{t_p\}$ , где  $p = \overline{1; P}$  – количество ПрО КРЗ, причем задачи  $w_i \in W$  могут использовать различные ПрО, а одна и та же ПрО может быть задействована различными задачами. Под предметной областью понимается условно обособленный набор концептов (терминов и их классов), объединенных по принципу тематической общности  $t_p = \{c_{k_p}\}, k_j = \overline{1; K_j}$ .

Учитывая разнородность данных ПрО, используемых для выработки управленческих решений, представляется целесообразным выбор современных средств искусственного интеллекта для описания семантики, структуры и логики взаимодействия концептов ПрО. В качестве программной платформы для реализации способа использовались онтологии, распространенным средством формирования которых является редактор онтологий Protégé.

Предлагаемый способ заключается в формировании семантической модели (СМ) КРЗ  $O(W)$  путем последовательного создания моделей задач  $O_{w_i}$  с добавлением их к СМ КРЗ и установлением логических взаимосвязей между формализуемыми ПрО.

Целевым результатом способа  $S(W)$  принимается описание конечной последовательностей действий  $\{s_j\}$ , приводящее к созданию СМ задачи в виде онтологии  $O_{w_i}$ . Полученная онтология должна давать возможность при вводе исходных данных  $I_{w_i}$  по совокупности критериев  $Y_{w_i}$  находить требуемый ответ  $z_{w_i}$ , получаемый по правилам логического вывода.

При этом используемая совокупность ПрО задачи  $T_{w_i}$  должна охватывать достаточный объем понятий, использующихся для описания исходных данных, получения всех промежуточных и итоговых результатов.

Формально целевой результат способа создания фрагмента модели КРЗ можно представить в виде системы утверждений:

$$\begin{cases} S(W) = \{s_j\}, j = \overline{1; J}, J \ll \infty \\ \exists O(S(W)): O(W) = \text{sem} \bigcup_{i=1}^I R(O_{w_i}), w_i \in W \\ O_{w_i}(T_{w_i}, Y_{w_i}, I_{w_i}) \rightarrow z_{w_i} \end{cases} \quad (1)$$

где  $O_{w_i}(T_{w_i}, Y_{w_i}, I_{w_i})$  – онтология задачи  $w_i$ , позволяющая получать приемлемый искомый результат  $z_{w_i}$  при обработке совокупности концептуализированных предметных областей  $T_{w_i}$ , связанных с задачей  $w_i$  онтологий и выполняющая манипуляции с входными данными  $I_{w_i}$ ;  $\text{sem} \bigcup R(O_{w_i})$  – оператор семантического объединения СМ КРЗ,  $R(\dots)$  – оператор редукции семантической

модели, устраняющий избыточность и семантическую неоднозначность моделируемых ПрО.

Этапы получения целевого результата показаны на рисунке.

На подготовительном этапе группа экспертов, привлеченная для моделирования задачи, определяет опорное множество ПрО  $\tilde{T}_{w_i}$ , концептами которых оперирует задача, и определяет множество исходных данных  $I_{w_i}$ , требуемых для ее решения.

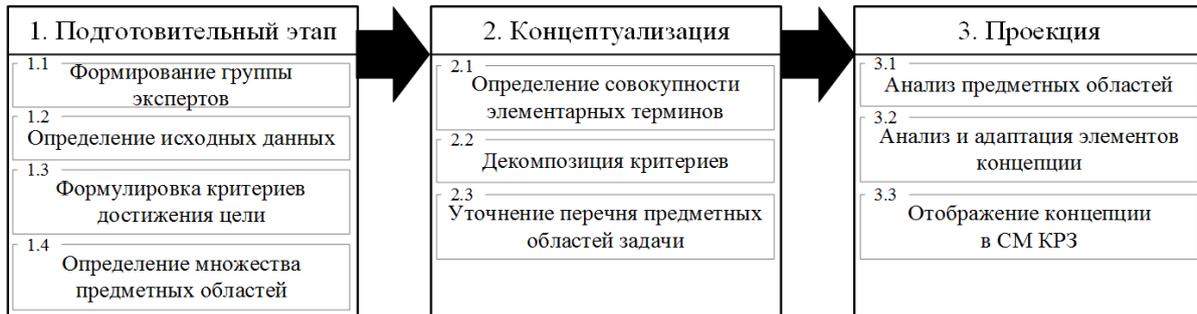


Рисунок. Этапы формирования семантической модели

Кроме того (п. 1.4), определяются критерии решения задачи  $Y_{w_i} = F(\vec{y}_{w_i})$ , где  $\vec{y}_{w_i} = \{y_1, y_2, \dots, y_J\}$  – набор утверждений, справедливость которых будет свидетельствовать о нахождении решения задачи,  $F$  – логический функционал, обеспечивающий взаимосвязь критериев.

Основным видом работ, выполняемых на этапе концептуализации ПрО, является последовательная декомпозиция критериев  $Y_{w_i}$  на множество концептов  $C_{w_i} = \{c_l\}, l = \overline{1;L}$ , где  $L$  – количество концептов модели  $O_{w_i}$ . Данному шагу должно предшествовать определение экспертами множества элементарных концептов  $I_{w_i}^0$ , задающее практический предел декомпозиции критериев (п. 2.1). Под элементарными понимаются концепты, которые могут быть получены в явном виде стандартными способами. К таким способам, например, относятся: наблюдение, считывание с карты, применение введенных установленным порядком расчетных задач и прочие, т. е. способы, не требующие сложной логической обработки исходных данных.

В ходе декомпозиции критериев предлагается применять сочетание методов структурной и иерархической декомпозиции [3]. Результат декомпозиции на  $K$ -ом шаге, определяемом совокупностью  $I_{w_i}^0$ , формулируется в виде:

$$Y_{w_i}(K, I_{w_i}^0) \equiv \{F_k([\vec{y}_{kj_k}]^T)\}, \quad (2)$$

где  $\vec{y}_{kj_k}$  – набор векторов элементарных концептов, полученный в результате преобразования  $j$ -го критерия на  $k$ -м шаге итерации;  $F_k$  – преобразованный

по правилам дескрипционной логики функционал взаимосвязи критериальных утверждений на  $k$ -м шаге.

С учетом (1) и (2) результатом этапа концептуализации является онтология ПрО задачи  $O_{w_i}(T_{w_i}, Y_{w_i}(K, I_{w_i}^0), I_{w_i})$ , именуемая в дальнейшем концепцией задачи.

Заключительный этап предлагаемого способа (п. 3.1) начинается с анализа ПрО рассматриваемой задачи. На практике в большинстве случаев анализ  $T_{w_i}$  приводит к разбиению её на совокупность подмножеств  $\bar{T}_{w_i}$  (ПрО, имеющие проекции в СМ КРЗ),  $\bar{T}'_{w_i}$  (ПрО, не имеющие проекции в СМ КРЗ и имеющие вероятность автономного использования другими задачами) и  $T_{w_i}^*$  (собственно ПрО рассматриваемой задачи или формирующая ПрО). Тогда, используя аналогичную систему обозначений, множество концептов задачи, обозначаемое  $C_{w_i}$ , будет эквивалентно объединению подмножеств:

$$C_{w_i} = C_{w_i}^* \cup \bar{C}_{w_i} \cup C'_{w_i}, C_{w_i}^* \neq \emptyset \quad (3)$$

Такое деление концептов рационально для проведения синтаксического и семантического анализа. Комплексный анализ (п. 3.2) проводится с целью устранения проблемных ситуаций, возникших в ходе создания концепции задачи и выявленных на стадии анализа. Основной сложностью при использовании нескольких онтологий выступает появление омонимов – одинаковых по написанию (синтаксису) и семантически различных концептов. В ряде программных оболочек для обработки онтологий наличие омонимов в разных онтологиях не вызывает критической программной ошибки. Однако практический опыт разработки онтологий говорит о том, что подобное явление крайне нежелательно, т. к. оно ведет к сложностям интерпретации результатов работы логического вывода [4].

Локализация омонимов выполняется путем проведения синтаксического анализа множества концептов (3), заключающегося в проверке следующей гипотезы:

$$\exists c_l \in O_{w_i} : synt\_id(c_l) = synt\_id(c_{l'}), c_{l'} \in O(W), l = \overline{1; L} \quad (4)$$

где  $c_l$  и  $c_{l'}$  – анализируемый элемент концепции и соответствующий ему омоним СМ КРЗ;  $synt\_id(\ )$  – текстовый идентификатор концепта;  $L$  – общее количество концептов создаваемой онтологии.

При обнаружении омонимов выполняется семантический анализ пары концептов, формализуемый с учетом (4) с помощью следующей гипотезы:

$$\exists c_l \in O(W) : sem(c_l) = sem(c_{l'}), \quad (5)$$

где  $sem(\ )$  – семантика концепта.

Если гипотеза (5) признается истинной для анализируемого элемента  $c_l$  концепции, то данный элемент считается имеющим полный аналог в СМ КРЗ и заменяется ссылкой на элемент  $c_l'$ :

$$c_l := ref(c_l') \quad (6)$$

В противном случае выполняется уточнение его текстового идентификатора:

$$synt\_id_m(c_l) := synt\_id_{m+1}(c_l), m = \overline{0; M}, \quad (7)$$

где  $m$  – номер итерации,  $M$  – количество итераций, требуемых для устранения идентичности имен семантически различных концептов.

Действия, описанные выражениями (4)–(7) составляют уточняющий цикл комплексного анализа, который производится со всем полученным в СМ множеством концептов  $C_{w_i}$ .

В результате описанных действий в исходной модели предметных областей задачи устраняется избыточность и семантическая неопределенность, что позволяет проецировать модифицированную концепцию в СМ КРЗ (п. 3.3), используя стандартные способы объединения онтологий [5, 6, 7].

Таким образом, в настоящей работе предложен способ поэтапного формирования семантической модели комплекса разнородных задач, заключающийся в последовательной концептуализации предметных областей задач. Для концептуализации ПрО предложено сочетание методов структурной и иерархической декомпозиции критериев рассматриваемой задачи. Объединению концептуализированных ПрО предшествует редукция семантической модели, позволяющая устранить избыточность и семантическую неопределенность полученной совокупности концептов. Полученные формальные выражения для описания этапов способа позволяют проводить редукцию промежуточной концепции. Направлением дальнейших исследований является создание методики применения предложенного способа для решения практических задач управления.

#### Список используемых источников

1. Саенко И. Б., Брунилин А. А., Ефимов В. В., Ясинский С. А. Организация информационного взаимодействия разнородных автоматизированных систем: онтологический подход // Информация и космос. 2016. № 2. С. 60–64.
2. Брунилин А. А., Куваев В. О., Саенко И. Б. Онтологический подход к организации информационного взаимодействия разнородных автоматизированных систем специального назначения // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2015. Т. 9. N 2. С. 69–73.
3. Lenis L., Giraldo M., Espinosa J. Comparison of RGA-based decomposition methods for large-scale systems distributed state estimation // 2015 IEEE 2nd Colombian Conference on Automatic Control (CCAC). 2015. PP. 1–7.

4. Berners-Lee T., Hendler J., Lassila O. The Semantic Web // Scientific American. 2001. N 284 (5). PP. 34–43.
5. Тузовский А. Ф., Чириков С. В., Ямпольский В. З. Системы управления знаниями (методы и технологии). Томск: НТЛ, 2005. 260 с.
6. Horridge M., Brandt S. A Practical Guide to Building OWL Ontologies Using Protégé 4 and CO-ODE Tools. The University of Manchester, 2011.
7. Добров Б. В., Иванов В. В., Лукашевич Н. В., Соловьев В. Д. Онтологии и тезаурусы: модели, инструменты, приложения. М.: ИУИТ, 2011. 167 с.

УДК 623.746.519 + 623.746.174

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ АЛГОРИТМ ОТНОСИТЕЛЬНОГО ТРЁХМЕРНОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ И АВТОМАТИЧЕСКОЙ ПОСАДКИ БПЛА ВЕРТОЛЕТНОГО ТИПА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФОРМАЦИИ БОРТОВОЙ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ

**В. А. Бондаренко, Г. Э. Каплинский, В. А. Павлова, В. А. Тупиков**

Акционерное общество научно-производственное предприятие  
«Авиационная и Морская Электроника»

*Целью данной работы является разработка метода определения координат БПЛА на основе обработки изображения искусственно созданного ориентира (маркера), полученного с бортовой ОЭС. Для поиска маркера на изображении используется анализ особенностей геометрии маркера и распознавание с помощью искусственных нейронных сетей. В статье рассматривается возможность применения алгоритма, а также результаты лабораторных исследований, проводимых на базе летающей лаборатории.*

*структурное описание; алгоритмы поиска объекта; автоматическое распознавание изображений; алгоритмы всеракурсного распознавания; искусственные нейронные сети.*

Большинство современных методов управления беспилотным летательным аппаратом (БПЛА) при посадке основано на дистанционном управлении обученным специалистом, либо на использовании координат БПЛА, определяемых спутниковыми системами (GPS, Глонасс). Целью данной работы является разработка метода определения координат БЛА на основе об-

работки изображения искусственно созданного ориентира (маркера), полученного с бортовой ОЭС. Для поиска маркера на изображении предлагается использование анализа особенностей геометрии маркера и распознавание с помощью искусственных нейронных сетей.

В последнее время все больше внимания уделяется исследованиям и разработкам, направленным на создание алгоритмов автоматизированной посадки БПЛА путем цифровой обработки видеоинформации, поступающей с оптико-электронных и радиолокационных систем наблюдения [1, 2, 3, 4, 5]. Главная роль в процессе построения подобных алгоритмов отводится созданию геометрически различимых маркеров, а также методам их поиска на местности.

Для успешного распознавания маркера наиболее эффективными являются алгоритмы, использующие геометрические особенности маркера с применением искусственных нейронных сетей. Такой подход к задачам распознавания имеет ряд преимуществ:

- геометрическое описание маркера, а также поиск его на изображении является менее ресурсоемким процессом и, следовательно, требует меньше ресурсов для выполнения;
- данный подход позволяет минимизировать влияние деталей фоноцелевой обстановки на изображения на результат распознавания;
- малая зависимость вероятности правильного распознавания от масштаба, поворота и наклона БЛА.
- высокая точность распознавания маркера, находящегося в поле зрения ОЭС.

Для верной работы алгоритма необходимо четко определить границы всех объектов. Таким образом решающую роль в построении описания изображения играют используемые методы предварительной обработки изображения. Точное определение «структуры» изображения является необходимым для успешного применения метода. В данной статье рассматриваются возможности поиска маркера с использованием его геометрических характеристик, а так же применение искусственных нейронных сетей. В процессе посадки маркер находится в поле зрения ОЭС БПЛА. Главная задача состоит в определении координат БПЛА, которое выполняется путем обработки изображения, полученного с ОЭС.

Решение данной задачи делится на несколько этапов:

Этап 1: Алгоритм поиска маркера (рис. 1).

Этап 2: Использование найденных координат искусственно созданного ориентира (маркера) в процессе посадки для определения координат и ориентации БПЛА.



Рис. 1. Общий вид маркера

## 1. Алгоритм поиска маркера

Данная часть алгоритма содержит следующие операции:

- устранение геометрических искажений;
- бинаризация изображения;
- выделение отдельных объектов на бинаризованном изображении;
- отбор кандидатов маркера;
- распознавание маркера с помощью искусственной нейронной сети.

### 1.1. Устранение геометрических искажений

Источником изображения является ТВ (ТПВ) камера. Современные камеры описываются с помощью модели, называемой проективной камерой (*projective camera*) [6].

### 1.2. Бинаризация изображения

Изображение, полученное с камеры, обрабатывается в несколько этапов. Первый – переход от цветного изображения (в случае ТВ-канала ОЭС) к полутоновому, для уменьшения времени обработки. Второй – избавление от шума. Третий – бинаризация методом Брэдли [10].

### 1.3. Поиск маркера на бинаризованном изображении, отбор кандидатов

После обработки, на бинаризованном изображении, производится поиск всех объектов заданных параметров.

### 1.4. Отбор кандидатов маркера

Отбор кандидатов производится по следующим параметрам:

- 1) Площадь;
- 2) Расположение центра масс объекта;
- 3) Соотношение сторон описывающего прямоугольника;
- 4) Особые геометрические признаки маркера.

### 1.5. Распознавание маркера с помощью искусственно нейронной сети

Для достоверного распознавания маркера применяется искусственная нейронная сеть, обученная на большой выборке изображений маркера. Результаты распознавания маркера показаны на рис. 2.

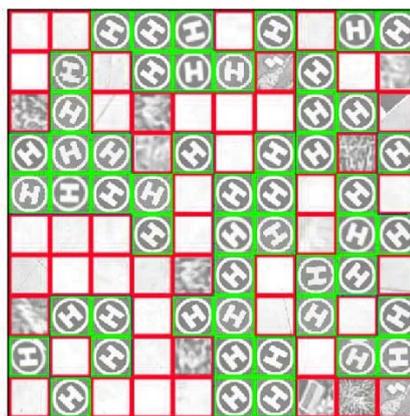


Рис. 2. Результаты распознавания маркера при помощи искусственной нейронной сетью

## 2. Использование найденных координат искусственно созданного ориентира (маркера) в процессе посадки

При известном расположении маркера на изображении, а также известных высоте БПЛА и угла наклона ОЭС относительно вертикали однозначно определяется положение БПЛА относительно маркера [9].

### Результаты лабораторных исследований, проводимых на базе летающей лаборатории

Для апробации результатов работы алгоритма была использована летающая лаборатория, реализованная на базе квадрокоптера. Принципиальная схема управления представлена на рис. 3.

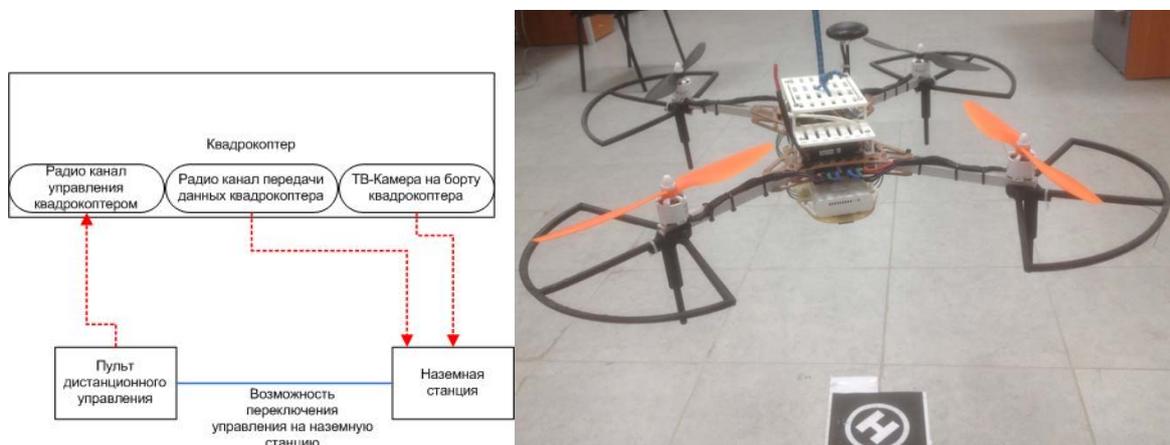


Рис. 3. Принципиальная схема управления квадрокоптера; летающая лаборатория, реализованная на базе квадрокоптера

Испытания проводились как в помещении, так и на открытом воздухе.



Рис. 4. Испытания системы

В результате работы алгоритма получены координаты БПЛА относительно центра маркера, которые использовались в процессе посадки

для корректировки положения БПЛА. Испытания (рис. 4) показали полную работоспособность системы. Таким образом, при известной обстановке местности в области расположения искусственно созданного ориентира (маркера) возможно произвести посадку БПЛА. Достоинством алгоритма является то, что на результат распознавания не влияет масштаб изображения и ориентация БПЛА в пространстве. Данный алгоритм обработки изображения показал высокую скорость и точность работы при выполнении данной задачи.

#### Список используемых источников

1. Долженков Н. Н., Воронов В. В. Реализация элементов искусственного интеллекта как путь повышения автономности беспилотных авиационных систем // Перспективные системы и задачи. 2014. С. 43–50.
2. Feron, E. and Johnson, E. N., Ch. 44. Aerial Robotics, in Springer Handbook of Robotics / Ed. Siciliano, B. and Khatib, O. Berlin, Germany: Springer, 2008. PP. 1009–1029.
3. Corke, P. An inertial and visual sensing system for a small autonomous helicopter, Journal of Robotic Systems. 2004. vol. 21. N. 2. PP. 43–51.
4. Cesetti, A., Frontoni, E., Mancini, A., and Zingaretti, P., Autonomous Safe Landing of a Vision Guided Helicopter, Proc. Mechatronics and Embedded Systems and Applications. 2010. PP. 125–130.
5. Garcia-Padro, Pedro J., Sukhatme, Gaurav S., and Montgomery, J. F., Towards vision-based safe landing for an autonomous helicopter // Robotics and Autonomous Systems, 2000 (accepted, to appear).
6. Tsai, R. Y. A versatile camera calibration technique for high-accuracy 3D machine vision metrology using offthe-shelf TV cameras and lenses. IEEE Journal of Robotics and Automation RA-3(4). 1987. PP. 323–344.
7. Бездетнов Н. П., Алексеев В. В., Философия летной безопасности. М., 2014. 335 с.
8. Duda, R., Hart, P. Pattern Classification and Scene Analysis. John Wiley and Sons, 1973. PP. 271–272.
9. Тупиков В. А., Павлова В. А., Каплинский Г. Э., Крюков С. Н. Алгоритм автоматической посадки беспилотного летательного аппарата вертолетного типа с использованием бортовой оптико-электронной системы // Известия ТулГУ. Технические науки. 2016. № 11-3. С.86–95.
10. Bradley, D., Roth, G., Adaptive Threshholding Using Integral Image Journal of Graphics Tools. 2007. Vol. 12, Iss. 2. pp. 13–21.

УДК 004.932.2

## КОМПЛЕКС УНИВЕРСАЛЬНОГО АЛГОРИТМИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

**В. А. Бондаренко, Г. Э. Каплинский, В. А. Павлова, В. А. Тупиков**

Акционерное общество научно-производственное предприятие  
«Авиационная и Морская Электроника»

*В статье рассматривается подход к созданию комплекса универсального алгоритмического обеспечения для решения различных задач интеллектуальной цифровой обработки изображений. Создаваемый алгоритмический комплекс включает в себя базовые и комплексные методы обработки изображений, в том числе методы автоматического обнаружения и автосопровождения объектов. Приводится пример применения алгоритмического комплекса в составе оптико-электронной системы мониторинга надводной обстановки, установленной на борту безэкипажного катера.*

*цифровая обработка изображений, автоматическое обнаружение, автосопровождение.*

Стремительный рост производительности вычислительных систем даёт возможность проектировать и внедрять всё более сложные системы технического зрения. В то же время постоянное расширение списка хорошо зарекомендовавших себя методов обработки изображений приводит к необходимости систематизировать эти методы с целью создания комплекса универсального алгоритмического обеспечения для решения широкого круга задач.

В современных условиях для решения задач импортозамещения также необходимым требованием к подобному алгоритмическому комплексу является его полная документированность, открытость. Применение закрытых библиотек или готового программного обеспечения не является допустимым, в особенности при негражданском применении разрабатываемого комплекса.

Исходя из этих соображений, произведён анализ мирового опыта в области цифровой обработки изображений. Систематизация этих данных позволяет разделить их на следующие большие группы:

### *1. Алгоритмы предобработки и улучшения качества изображений*

#### *1.1. Алгоритмы шумоподавления (выделение сигнала на фоне шумов).*

- 1.2. Алгоритмы коррекции (цветовой, яркостной и др.).
- 1.3. Алгоритмы мультиспектрального комплексирования.

## *2. Алгоритмы фильтрации и пространственного анализа*

- 2.1. Алгоритмы текстурного анализа и сегментации.
- 2.2. Алгоритмы выделения границ и контуров объектов.
- 2.3. Морфологические алгоритмы фильтрации и выделения объектов.
- 2.4. Алгоритмы бинаризации (отделения объектов интереса от фона).
- 2.5. Алгоритмы стереограмметрии и стереоскопические алгоритмы.

## *3. Алгоритмы автоматического обнаружения и распознавания объектов. Алгоритмы автосопровождения объектов*

- 3.1. Корреляционно-экстремальные алгоритмы.
- 3.2. Нейросетевые алгоритмы.
- 3.3. Признаковые и текстурные алгоритмы.
- 3.4. Лингвистические алгоритмы.

Данная классификация хотя и не полностью охватывает весь спектр алгоритмов, тем не менее позволяет сформировать базовый набор алгоритмов, применимый при решении широкого круга задач технического зрения. Этот набор был взят за основу при проектировании и разработке комплекса универсального алгоритмического обеспечения.

В результате разработки комплекса были исследованы и включены в его состав, а также реализованы на языках программирования C/C++ следующие алгоритмы интеллектуальной обработки изображений:

### *1. Алгоритмы предобработки и улучшения качества изображений*

- 1.1. Алгоритм медианной фильтрации [1, 2].
- 1.2. Алгоритмы цветовой и яркостно-контрастной коррекции в цветовом пространстве Y Cb Cr [1, 2].
- 1.3. Алгоритмы повышения чёткости изображения (т.н. нерезкого мас-кирования) [1, 2].
- 1.3. Алгоритм информационного совмещения разноканальных изображений [3].

### *2. Алгоритмы фильтрации и пространственного анализа.*

- 2.1. Алгоритм текстурного анализа с использованием локальных бинарных паттернов [4].
- 2.2. Алгоритмы выделения границ с использованием дискретных дифференциальных операторов (Собея, Превитта, Робертса и др.) [1, 2].

2.3. Алгоритмы бинаризации изображения по градиенту яркости на изображении [1, 2], на основе анализа локальных контрастов [5, 6], на основе анализа гистограммы изображения [1, 2].

2.4. Алгоритмы морфологической фильтрации изображений [1, 7].

2.5. Алгоритмы поиска и выделения объектов по связности на бинарном изображении [8].

### *3. Алгоритмы автоматического обнаружения и распознавания объектов. Алгоритмы автосопровождения объектов*

3.1. Алгоритм классической кросс-корреляции (распознавание и автосопровождение) [9, 10, 11].

3.2. Алгоритм фазовой кросс-корреляции (распознавание и автосопровождение) [9, 10].

3.3. Алгоритм с применением искусственной нейронной сети прямого распространения [12].

3.4. Алгоритм автоматического обнаружения и автосопровождения объектов [13].

В процессе проработки и реализации комплекса универсального алгоритмического обеспечения были разработаны и реализованы оригинальные алгоритм бинаризации изображения на основе анализа локальных контрастов и алгоритм автоматического обнаружения и автосопровождения объектов [13].

Разработанный алгоритм обнаружения целей основан на построении модели ключевых объектов сцены с использованием данных о количестве, положении и характеристиках объектов, получаемых при последовательной обработке каждого кадра видеопоследовательности.

Способ предполагает два этапа анализа – пространственный и временной. На этапе пространственного анализа происходит обработка текущего кадра видеопоследовательности, а его результатом является некоторый список подозрительных объектов. На этапе временного анализа результаты пространственного анализа сравниваются с текущей моделью ключевых объектов сцены, после чего модель уточняется и обновляется.

Важной особенностью комплекса универсального алгоритмического обеспечения является полная его независимость от каких-либо сторонних разработок и алгоритмических библиотек.

Комплекс универсального алгоритмического обеспечения опробован в составе оптико-электронной системы мониторинга надводной поверхности, установленной на борту безэкипажного катера. Алгоритмы комплекса,

допускающие многопоточную обработку, были запрограммированы с использованием технологий массового параллелизма CUDA, что позволило реализовать выполнение алгоритмов в реальном времени.

На рис. 1 и 2 представлены результаты алгоритма автоматического обнаружения объектов по изображениям с оптико-электронной системы безэкипажного катера.

Система автоматического обнаружения в составе оптико-электронной системы на борту безэкипажного катера подтвердила свою работоспособность и высокую эффективность в сложных условиях эксплуатации.

Использование комплекса универсального алгоритмического обеспечения позволило значительно сократить цикл разработки и внедрения системы технического зрения.



Рис. 1. Результат обнаружения одиночного малоразмерного объекта



Рис. 2. Результат обнаружения группового объекта

#### Список используемых источников

1. Красильников Н. Н. Цифровая обработка 2D- и 3D-изображений: учеб. пособие. СПб.: БХВ-Петербург, 2011. 608 с.

2. Gonzalez, R. C., Woods, R. E. Digital Image Processing. 2nd edition, Prentice-Hall, 2002. 793 p.
3. Фролов В. Н., Тупиков В. А., Павлова В. А., Александров В. А. Методы информационного совмещения изображений в многоканальных оптико-электронных системах // Известия ТулГУ. Технические науки. 2016. № 11–3. С. 95–104.
4. Ojala, T. and Pietikäinen, M. Unsupervised Texture Segmentation Using Feature Distributions // Pattern Recognition. 1999. vol. 32. pp. 477–486.
5. Sauvola, J., Pietikainen, M. Adaptive document image binarization // Pattern Recognition. 2000. N 33. pp. 225–236.
6. Shafait, F., Keysers, D., Breuel, T. M. Efficient implementation of local adaptive thresholding techniques using integral images. Proc. SPIE vol. 6815, Document Recognition and Retrieval XV, 2008.
7. Фурман Я. А., Юрьев А. Н., Яншин В. В. Цифровые методы обработки и распознавания бинарных изображений. Красноярск: Изд-во Красноярского университета, 1992. 248 с.
8. Abubaker, A., Qahwaji, R., Ipson, S., Saleh, M. One Scan Connected Component Labeling Technique // Signal Processing and Communications. 2007. PP. 1283–1286.
9. Алпатов Б. А., Бабаян П. В., Балашов О. Е., Степашкин А. И. Методы автоматического обнаружения и сопровождения объектов. Обработка изображений и управление. М.: Радиотехника, 2008. 176 с.
10. Баклицкий В. К. Корреляционно-экстремальные методы навигации и наведения. Тверь: ТО «Книжный клуб», 2009. 360 с.
11. Briechle, K., Hanebeck, U. D. Template matching using fast normalized cross correlation. Proc. SPIE vol. 4387, Optical Pattern Recognition XII, 2001. pp. 95–103.
12. Haykin, S. Neural Networks: A Comprehensive Foundation (2<sup>nd</sup> edition), Prentice Hall, 1998. 823 p.
13. Тупиков В. А., Павлова В. А., Бондаренко В. А., Александров В. А. Способ автоматического обнаружения объектов на морской поверхности в видимом диапазоне // Известия ТулГУ. Технические науки. 2016. № 11–3. С. 105–121.

**УДК 004.031.42**

## **АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ НЕРЕЛЯЦИОННЫХ СУБД В ВЫСОКОНАГРУЖЕННЫХ ПРОЕКТАХ**

**Г. А. Булыгин, Е. В. Давыдова**

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича

*Представлены результаты анализа возможностей применения нереляционных СУБД в высоконагруженных проектах. Описана реализация сервиса по учету данных и хранению бесструктурной метеорологической информации. Рассматриваемый сервис*

---

*реализован на базе NoSQL с использованием документо-ориентированной СУБД MongoDB.*

*СУБД, информационные системы, база данных, сервисные услуги, высоконагруженные проекты, NoSQL, язык программирования Python, MongoDB.*

На сегодняшний день сложно представить себе приложение, которое не использовало бы базы данных. Реализация различного рода задач диктует необходимость использования различных типов систем управления базами данных (СУБД).

Наиболее современные подходы к реализации сервисов основываются на применении нереляционных СУБД и NoSQL (Not Only SQL).

Подход NoSQL ориентируется на реализацию высоконагруженных проектов. При данном подходе предусматривается работа с СУБД: MySQL, PostgreSQL, MongoDB, Redis. NoSQL имеет множество преимуществ перед реляционными СУБД [1].

NoSQL хранилища обеспечивают высокую пропускную способность данных, как при чтении, так и при записи. Из этого следует, что log-файлы доступа к веб-приложению можно записывать непосредственно в базу данных. При использовании документо-ориентированных решений log-файлам можно придавать произвольный вид, не создавая жесткую схему. Это позволяет решать задачу хранения и обработки структурированных log-файлов. Механизм выборки документов по значениям атрибутов позволяет решать множество аналитических задач.

В отличие от реляционных СУБД, решения NoSQL проектируются для неограниченного горизонтального масштабирования. При этом добавление и удаление узлов в кластере не влияет на работоспособность и производительность всей системы.

Большинство современных NoSQL-решений реализуют парадигму вычислений MapReduce. Наряду с фундаментальным свойством горизонтального масштабирования, это дает возможность переносить алгоритмы, предназначенные для фреймворков типа «Hadoop» на хранилища NoSQL, получая все дополнительные преимущества. Учитывая высокую пропускную способность операций чтения, задачу подсчета рекомендаций и их использования можно не разделять. Следовательно, обновленные рекомендации будут тут же доступны потребителям, приближая сервис к требованиям реального времени.

Наряду с этим, решение NoSQL обеспечивает высокую надежность. Базу данных можно распределить по нескольким датацентрам для обеспечения ее отказоустойчивости.

Однако при чрезмерной или недостаточной вложенности документов, а также при реализации сложных схем в проектах решения NoSQL не применяются.

Для NoSQL баз данных используется ряд моделей и функциональных систем [2]:

– Хранилище ключ-значение. Его отличительной особенностью является простая модель данных – ассоциативный массив или словарь, позволяющий работать с данными по ключу. Основная задача подобных хранилищ – максимальная производительность. Примерами использования моделей являются СУБД Redis, MemcacheDB;

– Распределённое хранилище (*Column-oriented*). Данный тип кажется наиболее схожим с традиционными реляционными СУБД. Примерами использования моделей являются СУБД Cassandra и HBase, предназначенные для хранения очень больших объёмов данных;

– Документо-ориентированных СУБД. Модель данных подобных хранилищ позволяет объединять множество пар ключ-значение в абстракцию, называемую «документ». «Документы» могут иметь вложенную структуру и объединяться в «коллекции». Работа с «документами» производится по ключу, однако существуют решения, позволяющие осуществлять запросы по значениям атрибутов. Примерами использования моделей являются СУБД MongoDB и Couchbase, применяющиеся для хранения иерархических структур данных – «документов»;

– На основе графов. Подобные хранилища применяются для работы с данными, которые естественным образом представляются графами (например, социальная сеть). Модель данных состоит из вершин, ребер и свойств. Работа с данными осуществляется путем обхода графа по ребрам с заданными свойствами. Примерами использования таких систем являются СУБД OrientDB, Neo4J.

На базе подхода NoSQL разработан сервис по учету данных и хранению бесструктурной метеорологической информации.

Для реализации сервиса использована СУБД MongoDB. Данный сервис реализован на языке программирования Python, использует библиотеку для асинхронного взаимодействия с протоколом HTTP – aiohttp. Для обеспечения возможности выполнения асинхронных запросов к базе данных использовался драйвер для MongoDB – «Motor» [3].

Ниже представлены примеры выполнения ряда функций, реализованных сервисом с применением СУБД MongoDB и драйвера «Motor».

На рис. 1 представлен пример реализации функций «старт» и «завершение работы».

На рис. 2 приведён пример «извлечение данных из коллекции».

На рис. 3 рассмотрен пример реализации функции «вставка данных в коллекцию».

На рис. 4 изображён пример с интаксиса запроса на выборку из «коллекции».

```

from motor.motor_asyncio import AsyncIOMotorClient

async def init_mongo(app):
    connection = AsyncIOMotorClient(host='127.0.0.1', port=27017)
    app['db'] = connection

async def stop_db(app):
    app['db'].close()

```

Рис. 1. Пример реализации функций «старт» и «завершения работы»

```

async def f():
    cursor = collection.find()
    docs = await cursor.to_list(length=100)
    while docs:
        for doc in docs:
            print(doc)
        docs = await cursor.to_list(length=100)

```

Рис. 2. Пример реализации функции «извлечение данных из коллекции»

```

async def f():
    await collection.insert({'_id': 1})

```

Рис. 3. Пример реализации функции «вставка данных в коллекцию»

```

)'.J1W1f(2)
  { name: 'address: ' }
  { age: { age: '18' } }'
db.posts.find()

```

- ← список объектов
- ← bson.ObjectId
- ← dict[str, Any]
- ← collection

Рис. 4. Пример с интаксиса запроса на выборку из «коллекции»

СУБД MongoDB обеспечивает простое в использовании исполнение CRUD (Create, Read, Update, Delete) операций.

В настоящее время вопросы использования нереляционных СУБД при реализации проектов являются актуальными. Это обусловлено ростом количества компаний, работающих с большими объемами данных.

Важно отметить, что при планировании проекта важно умение предвидеть будущие запросы и изменения. При выборе конкретной СУБД необходимо проводить анализ возможных реализаций проекта при решении конкретных задач.

**Список используемых источников**

1. Маглинец Ю. А. Анализ требований к автоматизированным информационным системам: учебное пособие. М.: ИНТУИТ, БИНОМ. Лаборатория знаний, 2016. 200 с.
2. Котлова М. В., Давыдова Е. В. Методы и средства проектирования информационных систем и технологий: учебное пособие. СПб. : СПбГУТ, 2015. 64 с. ISBN 978-5-89160-100-0.
3. Давыдова Е. В., Котлова М. В. Инструментальные средства информационных систем: учебное пособие. СПб. : СПбГУТ, 2017. 64 с. ISBN 978-5-89160-100-0.

*Статья представлена заведующей кафедрой, доктором технических наук, профессором Л. К. Птицыной.*

**УДК 004.031.42**

**РАЗРАБОТКА REST-СЕРВИСА НА ЯЗЫКЕ  
ПРОГРАММИРОВАНИЯ PYTHON  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ DJANGO REST FRAMEWORK  
ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ОКАЗАНИЮ УСЛУГ  
НАСЕЛЕНИЮ НА ДОМУ**

**Г. А. Булыгин, Е. В. Давыдова**

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*Представлены результаты проекта «Разработка REST-сервиса на языке программирования Python с использованием Django REST Framework для предприятия по оказанию услуг населению на дому», на базе которого возможна реализация сервисов, предназначенных для взаимодействия потенциальных клиентов с предприятиями и различными видами сервисного обслуживания.*

*REST-сервис, язык программирования Python, Django REST Framework, REST API, информационные системы, база данных, сервисные услуги.*

В статье описаны ключевые составляющие проекта, на основе которого возможна реализация сервисов, предназначенных для взаимодействия потенциальных клиентов с предприятиями и различными видами сервисного обслуживания. Актуальность проекта обусловлена необходимостью автоматизации процессов на предприятиях [1].

Для реализации проекта создан REST-сервис на языке программирования Python с использованием Django REST Framework.

Реализация проекта направлена на решение следующих задач [2]:

- взаимодействие с пользователями: ведение личных кабинетов пользователей, обеспечение поиска услуг в каталоге, накопление и оформление заказов, создание форума для возможности обсуждения различных аспектов деятельности предприятия пользователями;
- управление «витриной»: ведение каталога услуг, управление системой скидок, управление пользователями, ведение информационных разделов на сайте, обслуживание заказов;
- управление заказами: анализ поступившей заявки, ведение информации о заказах, формирование документов принятой формы на каждом этапе работы.

Представляемая система позволяет реализовать: мониторинг действий, разграничение доступа к различным функциям, обеспечение защиты от несанкционированного доступа. Для реализации данных возможностей используется метод аутентификации, основанный на применении технологии JSON Web Token (JWT).

Для реализации проекта используются технологии: Python, JavaScript, HTML5, CSS3. Для разработанного в рамках проекта сервиса возможна реализация клиентской части на базе различных устройств.

Исходная база данных представлена в закрытом формате, доступ к которому возможен через консольный интерфейс. Создание базы данных осуществляется на основе информации, необходимой предприятию для выполнения ряда функций (регистрации заявок, предоставления пользователям информации об услугах, ведения учета сделок). Конечными пользователями системы являются клиенты, которым необходимо иметь возможность получить весь список предлагаемых услуг, имеющих разбиение на категории. Для реализации данной возможности в базе данных создаются таблицы, включающие описание услуги и необходимые для клиента данные и данные о категориях услуг.

На рис. представлена физическая модель базы данных системы.

В модель входят следующие таблицы:

- учетная запись (*account*) – представляет пользователей сайта и используется для проверки прав доступа, регистрации пользователей, ассоциации данных с пользователями;
- категория (*category*) – содержит названия всех категорий услуг;
- услуга (*service*) – создана для внесения в нее сведений об услугах, предоставляемых предприятием; каждая услуга относится к определенной категории;
- заказ (*user\_order*) – таблица, которой будет пользоваться оператор, для проверки заказа; содержит информацию о клиенте и сведения о его заявке;

- комментарий (*comment*) – возможность добавления комментариев пользователями;
- флаги комментария (*comment\_flags*) – промежуточная таблица, связывающая таблицы «account» и «comments»;
- административная запись (*admin\_log*) – служебная таблица, необходимая для ведения журнала действий администратора;
- тип контента (*content\_type*) – служебная таблица, содержащая запись для каждой установленной модели в приложении;
- аутентификационное разрешение (*auth\_permission*) – таблица, устанавливающая разрешения для моделей в приложении;
- групповые аутентификационные разрешения (*auth\_group\_permissions*) – таблица связывает названия аутентификационных групп и конкретные разрешения для моделей в приложении;
- аутентификационная группа (*auth\_group*) – содержит название группы разрешений.

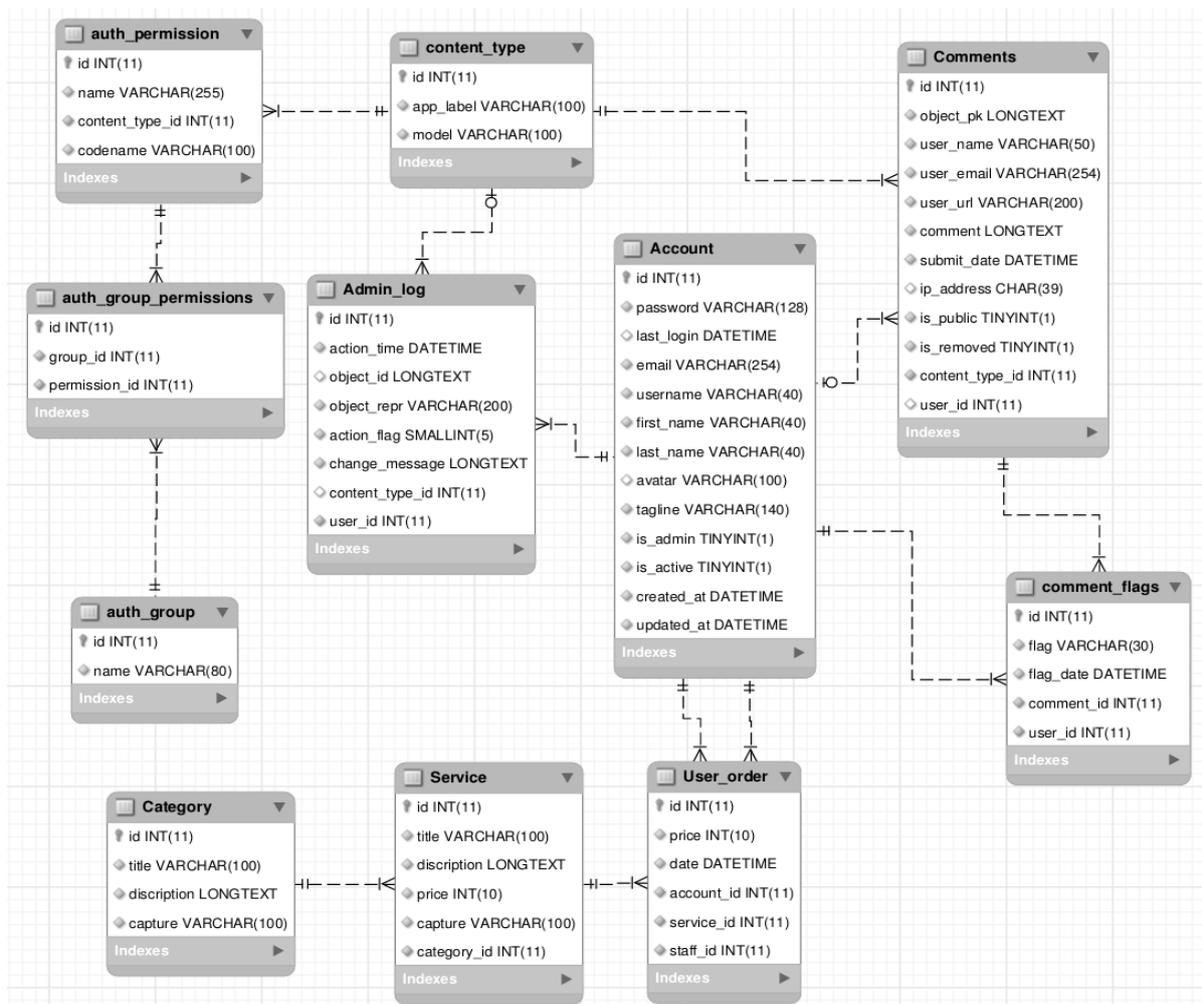


Рисунок. Физическая модель базы данных системы

Разработанный в рамках проекта сервис представляет практическую ценность. На основе проекта могут быть реализованы сервисы, предназначенные для взаимодействия потенциальных клиентов с предприятиями и различными видами сервисного обслуживания [3]. Преимуществами разработки являются: обеспечение взаимодействия программных систем независимо от платформы, реализация на базе открытых стандартов и протоколов, простота разработки и отладки.

В рамках проекта могут быть реализованы следующие возможности: создание системы для мобильных приложений и различных браузеров, возможность выбора подходящей системы кэширования (в зависимости от нагрузки на сервис), усовершенствование способов распределения нагрузки на сервис, добавление возможности интернационализации.

#### Список используемых источников

1. Котлова М. В., Давыдова Е. В. Методы и средства проектирования информационных систем и технологий: учебное пособие. СПб. : СПбГУТ, 2015. 64 с. ISBN 978-5-89160-100-0.
2. Давыдова Е. В., Котлова М. В. Инструментальные средства информационных систем: учебное пособие. СПб. : СПбГУТ, 2017. 64 с. ISBN 978-5-89160-100-0.
3. Смирнова П. В., Давыдова Е. В. Создание информационной системы учреждения культуры как средства повышения эффективности его взаимодействия с населением // Наука и образование: проблемы и стратегии развития: материалы междунар. науч.-практ. конф., Уфа, 15–16 нояб. 2015 г. Уфа : РИО ИЦИПТ, 2015. № 1. С. 158–162.

*Статья представлена заведующей кафедрой, доктором технических наук, профессором Л. К. Птицыной.*

**УДК 004.942**

## **АЛГОРИТМЫ ВЫЧИСЛЕНИЯ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ МОДЕЛЬНОЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЖИДКОЙ ДИСПЕРСНОЙ СРЕДЫ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ЕЕ ТОКСИЧНОСТИ**

**А. В. Ваганов**

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*Приведены описания и схемы алгоритмов, предназначенные для автоматизированного вычисления основных параметров модельной биологической жидкой дисперсной*

среды (БЖДС) «сыворотка крови», с целью исследования модели автоматизированной системы контроля токсичности БЖДС.

модельная БЖДС, параметры среды, автоматизированная система контроля токсичности, схемы алгоритмов.

Аппаратно-программная система контроля токсичности (АПКТ) биологических жидких дисперсных сред (БЖДС), описанная в работах [1, 2], предназначена для расширения возможностей исследования эндотоксикоза человека на основе тест-реакции простейших. Данный способ позволяет получать интегральную картину заболевания.

В ходе разработки математической модели АПСКТ проведено ее аналитическое исследование, в котором в качестве модельной выступала БЖДС «сыворотка крови».

Использование вычислительной техники во многом облегчает задачу исследователю, поэтому для моделирования АПСКТ было разработано несколько алгоритмов с целью их последующей реализации в одном из математических пакетов, например, Mathlab. Некоторые из них рассмотрены в данной статье.

Алгоритм для вычисления основных параметров фракций частиц модельной БЖДС, предназначенный для расчета: среднего радиуса, параметра дифракции, объемной концентрации, показателя ослабления, оптической толщины, интенсивности рассеяния оптического излучения, состоит из следующих этапов:

1. Производится расчет всех постоянных модели оптоэлектронного оптического измерительного преобразователя (ИП) АПСКТ, рассмотренного в работе [3], а также коэффициентов нормирования для индикатрис рассеяния для частиц  $i$ -й фракции со средним параметром дифракции ( $\rho_{i\text{cp}}$ ) меньше 0,5 и больше 100.

2. Для каждой фракции производится проверка ее полидисперсности и расчет значения радиуса частицы ( $r_{\text{cp}}$ ) для монодисперсной фракции или минимального значения наиболее вероятного радиуса частицы ( $r_{i\ 0\ \text{min}}$ ) – для полидисперсной.

3. Производится расчет среднего радиуса частицы ( $r_{i\ \text{cp}}$ ) для полидисперсной фракции и  $\rho_{i\ \text{cp}}$ .

4. Для частиц  $0,5 < \rho_{i\ \text{cp}} < 100$  производится выбор коэффициентов формы для индикатрисы рассеяния.

5. Вывод названий столбцов итоговой (выводимой) таблицы и значений средних радиуса и параметра дифракции в соответствующие столбцы.

6. С учетом среднего параметра дифракции производится вычисление показателя ослабления, а для частиц с параметром дифракции больше 0,5 и меньше 100 и коэффициента нормирования для индикатрисы рассеяния.

7. Вычисление остальных параметров среды: объемной концентрации частиц, показателя ослабления, оптической толщины, интенсивности рассеяния оптического излучения. Для полидисперсных фракций расчет по данному пункту производится во внутреннем цикле с изменением концентрации частиц с шагом вычислений  $\Delta C_i$ , а по пунктам от «в» до «е» – во внешнем цикле с изменением наиболее вероятного радиуса частиц с шагом вычислений  $\Delta r_{i0}$ .

Результат работы алгоритма на примере расчета трех основных параметров для фракций липопротеидов «сыворотки крови» и для относительно широкого распределения частиц по размеру ( $\mu = 2$ ) представлен в таблице.

ТАБЛИЦА. Результаты вычисления параметров «сыворотки крови»

Исходные данные		Полученный результат		
Тип	$r_0$ , нм	$r_{\text{ср}}$ , нм	$\rho_{\text{ср}}$	$C^V$ , шт/мл
ЛОНП	22–42,9	35,83–39,10	0,28–0,3	$(1,77–2,31) \cdot 10^{12}$
ЛНП	10,9–12,1	11,55–11,56	$\approx 0,09$	$(3,43–12,04) \cdot 10^{14}$
ЛВП	4,3–6,67	5,84–6,03	$\approx 0,05$	$(3,63–5,32) \cdot 10^{13}$
Хиломикроны	88–247	183,78–232,28	1,43–1,8	$(0–8,55) \cdot 10^8$

При разработке математической модели ИП для частиц, относящихся к фракциям липопротеидов, в качестве индикатрис рассеяния оптического излучения было предложено использовать соответствующие аппроксимации, содержащие коэффициенты ( $a$ ,  $b$ ), определяющие форму данных индикатрис.

Для определения значений соответствующих коэффициентов был разработан алгоритм, представленный на рис. 1.

В основу работы алгоритма положен метод наименьших квадратов и последовательный перебор значений данных коэффициентов формы до получения необходимого их сочетания, обеспечивающее максимально точное воспроизведение «образцовых» индикатрис, полученных по точным формулам в работах И. Л. Зельмановича. Результат работы алгоритма приведен на рис. 2.

Из рис. 2а следует, что полученные в ходе работы алгоритма коэффициенты достаточно хорошо ( $R > 0,9$ ) приближают ее к значениям, полученным по точным формулам.

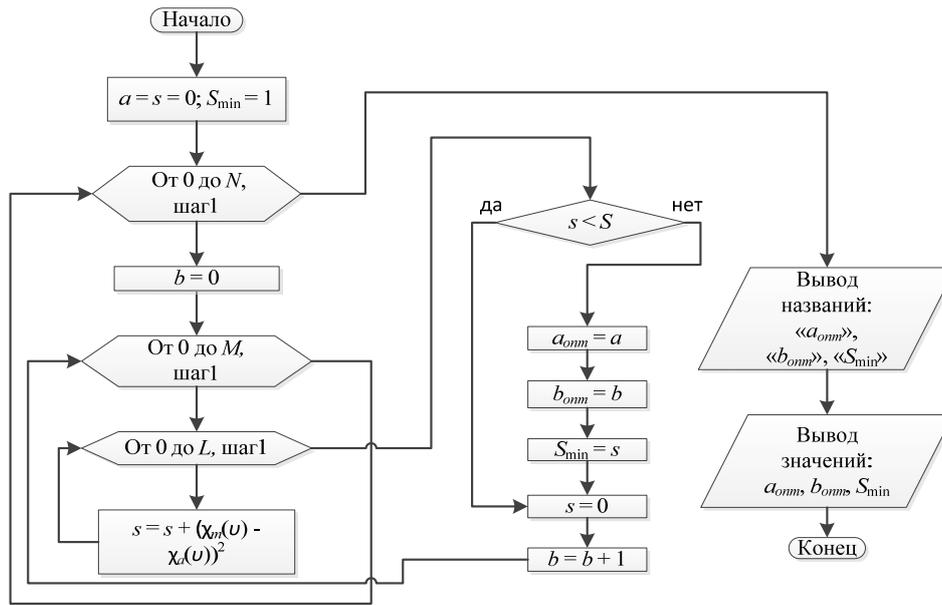


Рис. 1. Алгоритм определения коэффициентов формы

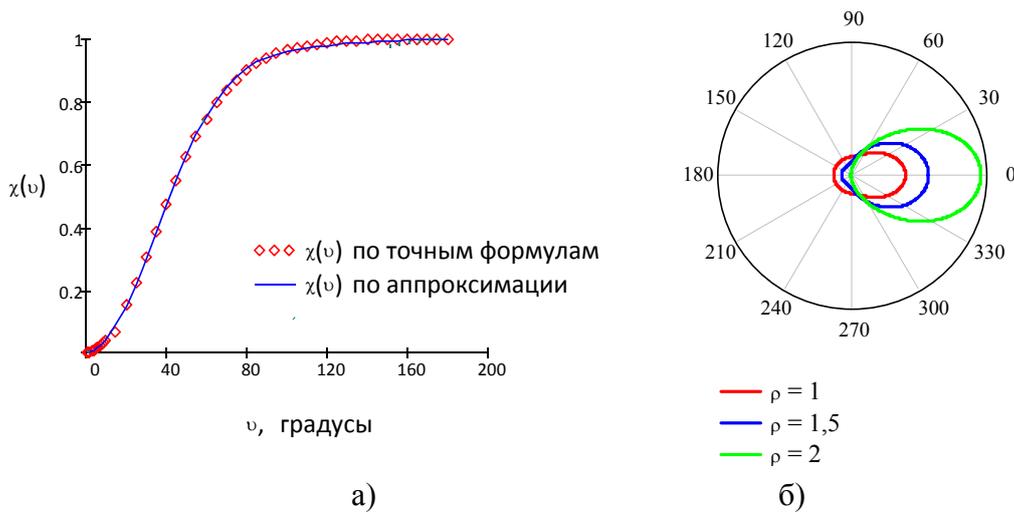


Рис. 2. Результат работы алгоритма определения коэффициентов формы: а) распределение интенсивности рассеянного излучения частиц хиломикроннов для  $\rho_{cp} = 2$ ; б) формы индикатрис рассеяния частицами с различными  $\rho_{cp}$

Так же, в разрабатываемой модели ИП, важным параметром является корректирующий коэффициент ( $K_{и}$ ) показателя рассеяния клетки инфузории, который учитывает ее расположение в исследуемом объеме ИП [3]. Алгоритм для его вычисления состоит из следующих этапов:

1. Формирование названий столбцов итоговой (выводимой) таблицы, а также вычисление радиуса, параметра дифракции объема и максимального угла рассеяния клетки инфузории, а также некоторых параметров ИП с последующим выводом их значений в соответствующие столбцы.

2. Вычисление коэффициентов нормирования индикатрисы рассеяния клетки инфузории и обнуление вспомогательных констант.

3. По внешнему циклу алгоритма для всей длины ИП с шагом  $\Delta l_{\text{фпу}_i}$  и внутреннему циклу алгоритма для всей длины радиуса фотоприемника ИП с шагом  $\Delta z_i$  производится расчет:

– текущего значения дифрагированной и преломленно-отраженной компонент  $K_i$  для всего объема ИП, вывод каждого из полученных значений и их суммы в соответствующие строчки итоговой таблицы;

– текущего значения дифрагированной и преломленно-отраженной компонент  $K_i$  для случая нахождения клетки инфузории близ границы ИП, вывод каждого из полученных значений и их суммы в соответствующие строчки итоговой таблицы.

4. Расчет средних значений  $K_i$  для всего объема и случая нахождения клетки инфузории близ границы ИП.

Результат работы данного алгоритма для случая угловыми апертурами источника излучения и фотоприемника ИП равными  $15^\circ$  приведен на рис. 3.

Из рис. 3 следует, что значение параметра  $K_i$  тем выше, чем дальше клетка инфузории находится от фотоприемника ИП ( $l_{\text{фпу}_i} > 0$ ). Кроме того по мере приближения к границе фотоприемника ( $z_i > 0$ ) наблюдается резкий рост данного параметра, что подтверждает увеличение обнаруживающей способности ИП и всей АПСКТ в целом.

Представленные в данной статье алгоритмы предназначены для расчета основных параметров модельной БЖДС «сыворотка крови» и могут быть использованы для разработки как автономных программ по автоматизированному расчету отдельных параметров БЖДС, так и комплекса программ для моделирования широкого круга жидких дисперсных сред.

#### Список используемых источников

1. Ваганов А. В. Структура автоматизированного измерителя токсичности жидких дисперсных сред // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. III Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. 2014. С. 412–416.

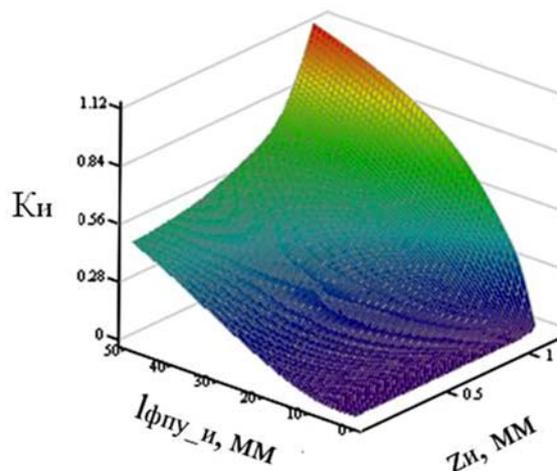


Рис. 3. Значения  $K_i$  для ИП с апертурой равной  $15^\circ$

2. Ваганов А. В. Моделирование автоматизированной системы контроля на базе программируемых аналоговых интегральных схем // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. V Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. СПб. : СПбГУТ, 2016. С. 45–49.

3. Ваганов А. В. Моделирование опто-электронного измерительного преобразователя для исследования токсичности биологических жидких дисперсных сред // Сборник научных трудов международного научного конгресса «Нейробиотелеком – 2012». СПб. : СПбГУТ, 2012. С. 200–203.

*Статья представлена заведующей кафедрой, доктором технических наук, профессором Г. В. Верховой.*

УДК 621.317.799 + 001.891.573

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАБОЧЕЙ ОБЛАСТИ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ТОКСИЧНОСТИ БИОЛОГИЧЕСКИХ ЖИДКИХ ДИСПЕРСНЫХ СРЕД

**А. В. Ваганов**

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*Предложен метод определения диапазонов допустимых значений наиболее вероятных радиусов и концентраций частиц модельной биологической жидкой дисперсной среды (БЖДС) – «сыворотка крови», определяющих рабочую область математической модели измерительного преобразователя автоматизированной системы контроля токсичности данных сред. Разработан алгоритм, позволяющий автоматизировать процесс определения данных параметров.*

*метод определения, модельная среда, диапазон изменений радиусов и концентраций частиц, алгоритм построения рабочей области БЖДС.*

Контроль токсичности биологических жидких дисперсных сред (БЖДС) весьма актуален для современной медицины [1, 2]. Классические аналитические методы исследования сложны, обладают узкой специфичностью, требуют высокой квалификации обслуживающего персонала и не позволяют сформировать интегральную картину воздействия нескольких токсикантов на живой организм. Существующие методики с применением в качестве чувствительного элемента – простейших, например, инфузорий,

хоть и позволяют преодолеть указанные недостатки, тем не менее, редко применяются на практике. Это объясняется отсутствием соответствующей исследовательской аппаратуры из-за особенностей физико-химических свойств БЖДС таких, например, как вязкость или мутность.

В работах [3, 4] рассматривается методика построения подобных систем для автоматизированного контроля токсичности БЖДС. Основой системы является оптоэлектронный турбидиметрический измерительный преобразователь (ИП), описанный в работах [5, 6], и предназначенный для регистрации тест-реакции простейших, по изменению которой и судят о степени токсичности исследуемой среды.

Для математической модели ИП была разработана методика оценки ее рабочей области путем определения допустимых значений концентраций и наиболее вероятных радиусов фракций частиц, входящих в состав, так называемой, модельной БЖДС – «сыворотка крови».

В качестве «эталонной» выступала экспериментальная сыворотка крови относительно здоровых людей различного возраста и пола как натуральная (нативная), так и неактивная (инактивированная). С помощью спектрофотометра на фиксированной длине волны ближнего инфракрасного диапазона оптического излучения в стандартной фотометрической кювете типа К-8 производилось измерение ее оптической плотности  $D$  (рис. 1).

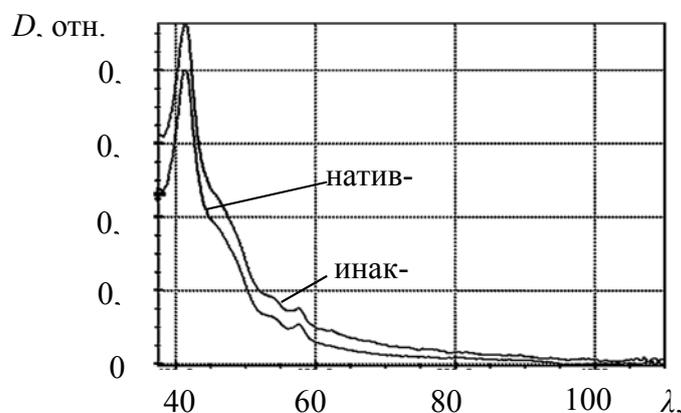


Рис. 1. Оптическая плотность экспериментальной сыворотки крови человека

Полученная в ходе исследования выборка значений оптической плотности экспериментальной сыворотки крови, с последующим преобразованием ее в выборку оптической толщины  $\tau_{\text{сыв}}$ , подвергалась статистической обработке с применением пакетов STATISTICA 10 и IBM SPSS Statistics. Статистические параметры итоговой выборки значений  $\tau_{\text{сыв}}$ , рассчитанные для  $p = 95 \%$ , приведены в таблице.

Проверка итоговой выборки значений  $\tau_{\text{сыв}}$  на соответствие закону нормального распределения, проведенная путем сравнения коэффициентов

асимметрии и эксцесса с соответствующими дисперсиями, а также построением гистограмм распределения значений оптических толщин сывороток крови по частоте попаданий в интервалы, подтвердила, что данное распределение близко к нормальному.

ТАБЛИЦА. Статистика  $\tau_{\text{сыв}}$  выборки экспериментальных сывороток крови

Параметр	Значение
Среднее ( $p = 95 \%$ )	$(4,99 \pm 0,6) \cdot 10^{-2}$
Медиана	$5,06 \cdot 10^{-2}$
Дисперсия	$9,91 \cdot 10^{-5}$
Стандартное отклонение	$9,95 \cdot 10^{-3}$
Асимметрия ( $A$ )	$6,54 \cdot 10^{-2}$
Дисперсия асимметрии $D(A)$	1,63
Эксцесс ( $E$ )	-0,21
Дисперсия эксцесса $D(E)$	3,89

Алгоритм, предназначенный для реализации методики определения диапазонов значений концентраций и наиболее вероятных радиусов частиц модельной БЖДС «сыворотка крови» в которых применима математическая модель ИП, представлен на рис. 2. Особенностью работы алгоритма является разбиение полных диапазонов наиболее вероятных радиусов и концентраций частиц БЖДС на конечное число интервалов  $k_{r_0}$  и  $k_c$  соответственно, называемых шагами вычисления, и определяющих точность данного алгоритма.

Данный алгоритм состоит из следующих этапов:

а) В основном цикле с числом повторений  $k_{r_0}$  (шаг  $m$ ) и размещенным в нем вложенным с числом повторений  $k_c$  (шаг  $n$ ), производится вывод названий наиболее вероятных радиусов ( $r_0$ ) и концентраций ( $C$ ) частиц в соответствующие столбцы итоговой (выводимой) таблицы.

б) В указанных циклах так же вычисляются оптические плотности для каждой  $i$ -й фракции ( $\tau_i$ ) для монодисперсных ( $i = 1 \dots N_{\text{мн}}$ ) и полидисперсных ( $i = 1 \dots N_{\text{пл}}$ ) фракций, формируется итоговое значение  $\tau_{\text{сыв}}$  для модельной БЖДС. Вычисление  $\tau_i$  производится на основе специальных подалгоритмов.

в) В ходе выполнения вложенного цикла производится сравнение полученного  $\tau_{\text{сыв}}$  с величиной доверительного интервала  $\tau_{\text{min}} - \tau_{\text{max}}$  (см. табл.), рассчитанного на основе экспериментальных данных реальных сывороток крови человека.

г) В результате работы алгоритма формируется некое поле размером  $k_c$  на  $k_{r0}$  с ячейками  $S$ , принимающими значение 1 или 0 в зависимости от того, попадает ли значение вычисленного  $\tau_{\text{сыв}}$  в доверительный интервал или нет.

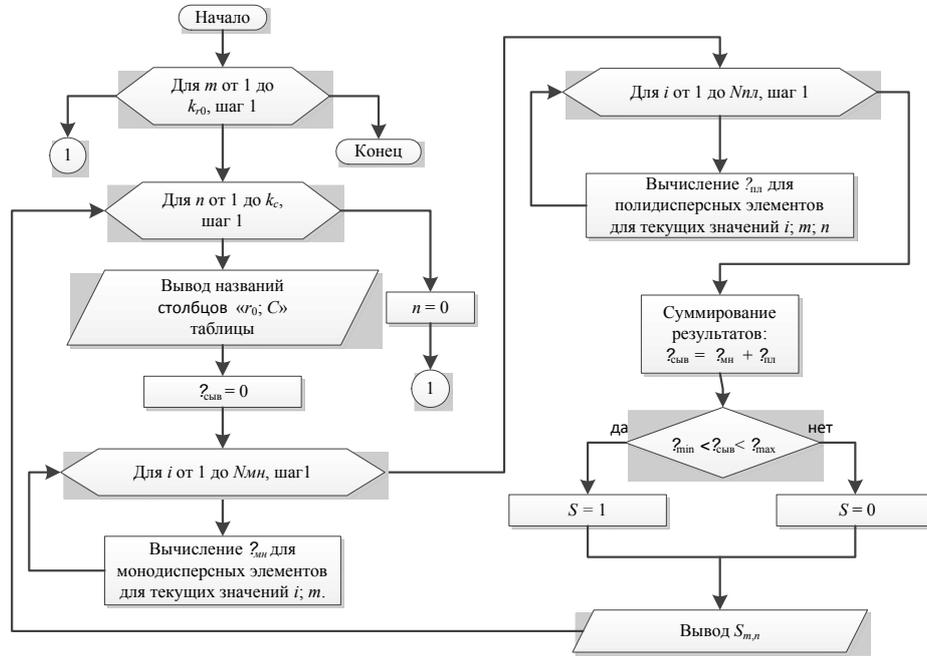


Рис. 2. Алгоритм определения рабочей области модельной БЖДС

На рис. 3 показан результат работы данного алгоритма для следующих заданных параметров: полуширина распределения частиц среды по размерам  $\mu = 2$  (широкое распределение), число соответствующих диапазонов  $k_c = k_{r0} = 10$ , наличие в «сыворотке крови» слабопоглощающих частиц со средним параметром дифракции  $0,5 < \rho < 100$ , называемых хиломикронами.

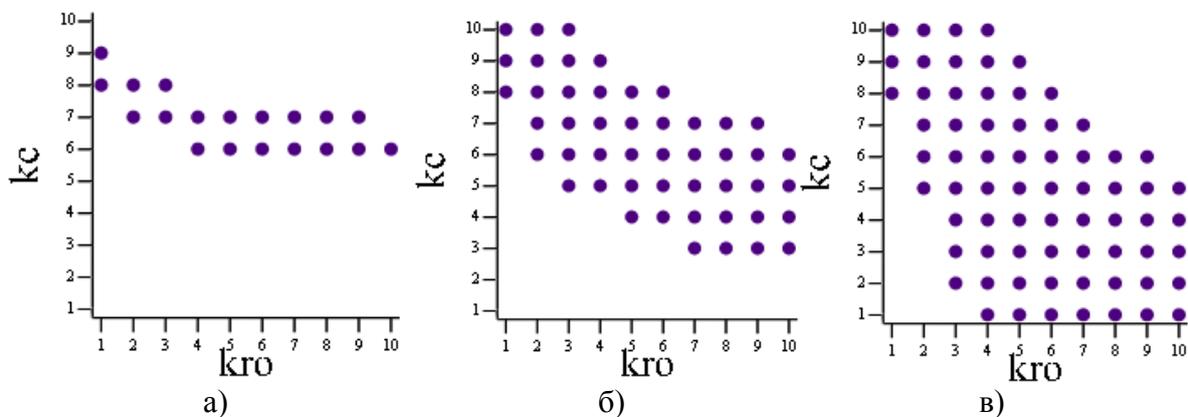


Рис. 3. Зависимость рабочей области «сыворотки крови» от концентрации в ней хиломикроннов: а)  $C_{\text{хил}} = 0-0,02$  г/л; б)  $C_{\text{хил}} = 0,01-0,015$  г/л; в)  $C_{\text{хил}} = 0,014$  г/л

Как следует из рис. 3, результатом работы данного алгоритма является формирование двумерного массива, ограниченного осями  $k_c$  и  $k_{ro}$ . При этом рабочая область математической модели ИП ограничивается интервалами наиболее вероятных радиусов и концентраций частиц БЖДС, пересечения которых на графиках содержат соответствующую условную метку «•».

Следует отметить, что для относительно широкого распределения частиц по размерам и концентрации хиломикронной равной  $1,4 \cdot 10^{-2}$  г/л рабочая область модельной БЖДС составляет около 70 % от максимальной.

В рассмотренной статье предложена методика определения рабочей области модельной БЖДС «сыворотка крови», подтверждающая адекватность разработанной математической модели ИП в ее рабочей области согласно рис. 3, и позволяющая осуществлять дальнейшее исследование модели всей аппаратно-программной системы контроля токсичности БЖДС.

#### Список используемых источников

1. Власова Т. И., Лещанкина Н. Ю., Власов А. П., Полозова Э. И., Власова Н. А., Ежова О. А. Возможности уменьшения токсического поражения миокарда при эндотоксикозе // *Фундаментальные исследования*. 2012. № 5–2. С. 261–265.

2. Горошинская И. А., Качесова П. С., Бородулин В. Б., Немашкалова Л. А., Лосев О. Э., Чудилова А. В. Показатели эндотоксикоза в крови крыс с лимфосаркомой Плисса при введении наночастиц железа // *Успехи современного естествознания*. 2015. № 9–2. С. 303–307.

3. Ваганов А. В. Структура автоматизированного измерителя токсичности жидких дисперсных сред // *Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании*. III международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. 2014. С. 412–416.

4. Ваганов А. В. Моделирование автоматизированной системы контроля на базе программируемых аналоговых интегральных схем // *Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании*. V Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. СПб.: СПбГУТ, 2016. С. 45–49.

5. Ваганов А. В. Моделирование опто-электронного измерительного преобразователя для исследования токсичности биологических жидких дисперсных сред // *Сборник научных трудов международного научного конгресса «Нейробиотелеком – 2012»*. СПб.: СПбГУТ, 2012. С. 200–203.

6. Ваганов А. В. Моделирование рассеивающих свойств жидких дисперсных сред с целью создания измерителя токсичности на основе ОЭИП сред // *Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании*. II Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. СПб.: СПбГУТ, 2013. С. 444–446.

*Статья представлена заведующей кафедрой, доктором технических наук, профессором Г. В. Верховой.*

УДК 658.011.56

## РАЗРАБОТКА И МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ ДАТЧИКОВ АСУ

**А. В. Ваганов, Е. М. Маслова**

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*В статье рассмотрена теория построения системы, предназначенной для питания различных первичных измерительных преобразователей систем автоматизированного управления. Предложен метод построения подобных систем. Разработаны модели и алгоритмы, позволяющие автоматизировать процесс проектирования и оценки различных параметров системы питания.*

*система, модель, метод, алгоритмы.*

На сегодняшний день система электропитания любой радиоэлектронной аппаратуры, а в частности, датчиков является важнейшим компонентом в построении системы автоматизированного производства. Обеспечивая бесперебойную работу датчиков, она тем самым повышает быстроту и безошибочность действий персонала за счет предоставления полной, достоверной и своевременной информации от первичных преобразователей о режимах работы и состоянии основного и вспомогательного оборудования в нормальных и аварийных режимах работы. Поэтому для обеспечения оперативной и точной работы датчиков и системы в целом, необходимо уделить отдельное внимание системе питания первичных преобразователей систем АСУ. Так как блоки питания имеют определённые требования, то необходимо учесть их в построении системы электропитания.

Источник электропитания представляет собой устройство, которое преобразует напряжение одного вида в другое, более подходящее по своим параметрам для снабжения электроэнергией, в данном случае, датчиков [1].

Существует два принципиальных подхода к проектированию схем источников питания, в соответствии с которым их можно разделить на два основных класса: линейные и импульсные.

К блокам питания предъявляется ряд требований для максимально эффективной работы системы.

*Основные требования, предъявляемые к источникам питания датчиков:*

- стабильность выходных напряжений;
- высокий КПД;
- низкие значения пульсаций и шумов выходных напряжений;

- защита от перегрузки по току и короткого замыкания в нагрузке с ограничением тока короткого замыкания;
- гальваническая развязка;
- время срабатывания защиты по току;
- тепловая защита (защита от перегрева), компенсация температурного дрейфа выходного сигнала;
- прочные корпуса;
- минимальное время монтажа, малогабаритные размеры.

В таблице приведены сравнительные характеристики основных параметров линейного и импульсного ИВЭП.

ТАБЛИЦА. Сравнительные характеристики основных параметров линейных и импульсных ИВЭП

Характеристика	Линейный ИВЭП	Импульсный ИВЭП
КПД, %	30..50	70..90
Удельная мощность, Вт/дм <sup>3</sup>	30..40	140..200
Нестабильность по напряжению, %	0,01..0,05	0,05..0,1
Нестабильность по току, %	0,02..0,1	0,1..0,5
Напряжение пульсаций выходного напряжения, мВ	0,5..5	20..50
Время нарастания выходной характеристики, мкс	20..50	100..500
Время удержания выходного напряжения, мс	2..3	20..30
Возможность инвертирования входного напряжения	–	+
Возможность увеличения входного напряжения в преобразователях постоянного напряжения	–	+

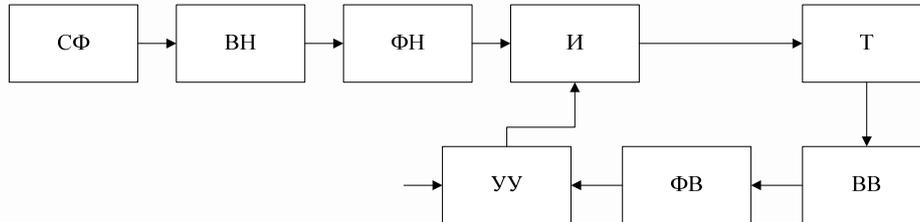
В отдельных случаях помехоподавление может быть неэффективным, что исключает использование импульсных блоков питания для отдельных типов точной цифровой аппаратуры.

Существенным недостатком схемы, приведенной на рис. 1. является необходимость в использовании дорогостоящего низкочастотного трансформатора при работе с наиболее используемыми схемами вторичных источников питания. Отсюда целесообразно использовать схему, основной принцип построения которой приведён на рис. 2.

Структурная схема ИВЭП с трансформаторным входом представлена на рис. 1.



а) с трансформаторным входом СФ – сетевой фильтр; ВН – выпрямитель низкочастотный; СН – стабилизатор напряжения; Т – трансформатор низкочастотный



б) с использованием высокочастотного трансформатора: СФ – помехоподавляющий сетевой фильтр; ВН – выпрямитель низкочастотный; ФН – фильтр сглаживающий низкочастотный; И – инвертор; УУ – устройство управления; Т – трансформатор высокочастотный; ВВ – выпрямитель высокочастотный; ФВ – фильтр высокочастотный; УУ – устройство управления

Рис. 1. Структурная схема ИВЭП

Трехфазный выпрямитель со средней точкой, изображенный на рис. 2, чаще всего используется в тех случаях, когда первичная сеть имеет нейтральный провод и напряжение.

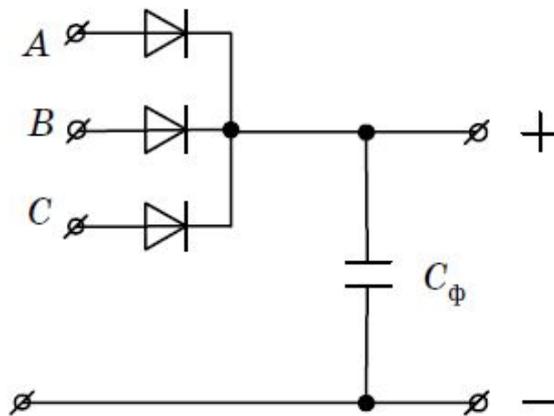


Рис. 2. Трехфазный выпрямитель со средней точкой

Размах пульсаций выпрямленного напряжения в этой точке велик, кроме того, нужно учесть большую величину высокочастотных составляющих пульсаций [7]. Поэтому на выходе выпрямителя необходим емкостной фильтр. Емкость конденсатора рассчитывается по формуле:

$$C_{\Phi} = \frac{P}{3U_m f_c \Delta U_n},$$

где  $P$  – мощность на выходе выпрямителя,  $f_c$  – частота питающей сети,  $U_m$  – амплитудное значение выпрямленного напряжения,  $\Delta U_n$  – максимальный размах пульсаций выпрямленного напряжения.

*Расчет сглаживающего LC-фильтра:*

Коэффициент сглаживания LC-фильтра:

$$S = p^2 \omega^2 L_\phi C_\phi - 1.$$

Откуда обобщенный параметр:

$$L_\phi C_\phi = \frac{S+1}{p^2 \omega^2},$$

$$S = \frac{k_{n1}}{k_{n2}};$$

$k_{n1}, k_{n2}$  – коэффициенты пульсаций на входе и выходе фильтра соответственно.

Схема выпрямителя, приведенная выше позволяет заменить схему инвертора на полумостовую. Схема изображена на рис. 3.

*Выбор трансформатора:*

Алгоритм выбора трансформатора строится из:

1. Расчета требуемого максимального среднего значения выпрямленного напряжения.

2. Расчета требуемого значения ЭДС вторичной обмотки трансформатора.

3. Значения требуемого значения мощности трансформатора.

Расчет и оценка выбранных параметров позволяют выбрать трансформатор в первом приближении.

При разработке модели электропитания датчиков следует учитывать множество параметров, это вызвано, прежде всего, непрерывным стремлением уменьшить массогабаритные характеристики ИВЭП, повысить их КПД за счет применения наиболее рациональных схем, использования высокочастотного преобразования энергии постоянного тока [8].

Модели электропитания датчиков позволяет использовать разнообразные структурные схемы построения ИВЭП с наиболее подходящими характеристиками под заданные требования, каждая из которых находит применение в конкретных приложениях и условиях эксплуатации.

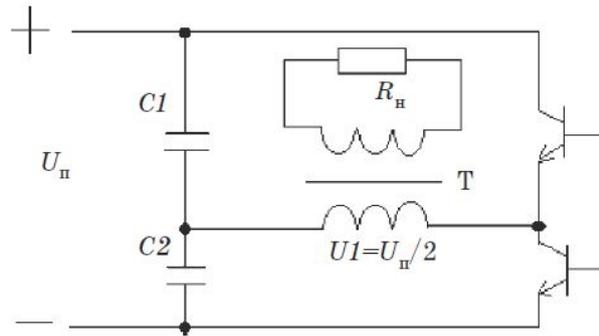


Рис. 3. Полумостовая схема инвертора

**Список используемых источников**

1. Гусев В. Г., Гусев Ю. М. Электроника и микропроцессорная техника: учеб. для вузов. 3-е изд. перераб. и доп. М. : Высш. шк., 2004. 790 с. ISBN 5-06-004271-5.
2. Быстров Ю. А., Мироненко И. Г. Электронные цепи и микросхемотехника: учеб. М. : Высш. шк., 2002. 384 с.: ил. ISBN 978-5-06-004040-1.
3. Степаненко И. П. Основы микроэлектроники: учеб. пособие для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М. : Лаборатория Базовых Знаний, 2003. 488 с.: ил.
4. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники: пер. с англ. 6-е изд. М. : Мир, 2003. 704 с.: ил. ISBN 5-03-003395-5.
5. Довгун В. П. Электротехника и электроника: учеб. пособие: в 2-х ч. Ч. 2. Красноярск : ИПЦ КГТУ, 2006. 252 с.
6. Орехов В. И., Куцко М. Е., Груздев В. Н. Низковольтные сильноточные источники вторичного электропитания РЭА. М. : Радио и связь, 1986. 104 с.
7. Китаев В. Е., Бокуняев А. А., Калканов М. Ф. Расчет источников электропитания устройств связи: учеб. пособие для вузов / под ред. А. А. Бокуняева. М. : Радио и связь, 1993. 232 с.: ил. ISBN 5-256-01102-2.
8. Изъюрова Г. И., Королев Г. В., Терехов В. А. и др. Расчет электронных схем: учеб. пособие для вузов. М. : Высш. шк., 1987. 335 с.

*Статья представлена заведующей кафедрой, доктором технических наук, профессором Г. В. Верховой.*

**УДК 654****РАЗРАБОТКА МЕТОДА МИНИМИЗАЦИИ  
ВЛИЯНИЯ ПОМЕХ ПРИ ПЕРЕДАЧЕ СИГНАЛА  
ОТ АНАЛОГОВЫХ ДАТЧИКОВ В АСУ****А. В. Ваганов, А. В. Сигаев**

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*В статье произведен обзор различных методов, позволяющих минимизировать влияния различных помех при передаче сигнала от аналогового первичного измерительного преобразователя до устройства его предварительной обработки в автоматизированных системах управления.*

*аналоговый измерительный преобразователь, помехи, метод.*

Подключение аналоговых датчиков к измерительной системе является очень непростым делом и часто выявляет неожиданные проблемы, причины которых скрыты от проектировщика. Тем не менее ряд типовых условий

возникновения помех и методов их устранения достаточно хорошо изучен [1].

Аналоговый датчик генерирует на выходе аналоговый сигнал, значение уровня которого получается функцией времени, и изменение такого сигнала происходит непрерывно, сигнал принимает постоянно какое-нибудь из множества возможных значений.

При передаче такого сигнала важно, чтобы на него не воздействовали внешние факторы. Аналоговый сигнал при воздействии шума искажается, тем самым информация, которую он представляет, оказывается, не достоверной, и её невозможно регенерировать.

Помеха – это внешнее или внутреннее воздействие, приводящее к искажению информации во время ее хранения, преобразования, обработки и передачи. Помехи имеют различный характер.

Высокочастотная помеха (ВЧ-помеха) – неопределенный по времени и амплитуде сигнал в диапазоне 100 Гц – 30 МГц. Каждый не синусоидальный сигнал содержит, кроме своей основной частоты, еще и кратные производные основной частоты, так называемые гармоники.

Противофазные помехи также называются симметричными помехами. Они преобладают при низких частотах; цепь тока помехи замыкается имеющимися линиями. Ток помехи непосредственно вызывает падение напряжения помехи на измерительном сопротивлении.

Синфазные помехи также называются асимметричными помехами. Цепь тока помехи замыкается паразитными емкостями. В ВЧ диапазоне синфазные помехи являются главной проблемой. Их часто очень трудно обнаружить, так как не всегда очевидно, где цепь тока помехи замыкается паразитными емкостями.

Вокруг каждого проводника с током создается магнитное поле, которое пропорционально току в проводнике. Если это магнитное поле пронизывает перпендикулярно к нему расположенный проводящий контур, то при изменении напряженности магнитного поля там индуцируется напряжение. Напряжение пропорционально площади проводящего контура и изменению напряженности магнитного поля. Это означает, что напряжение помехи индуцируется, только если изменяется сила тока в цепи нагрузки.

В части минимизации помех следует рассмотреть несколько факторов:

- экранирование соединительного кабеля (витая пара, коаксиал и т. п.);
- экранирование между блоками;
- экранирование схемы;
- организация соединений между каскадами (токовая петля, однопроводный и дифференциальный вход-выход);
- применение различных фильтров между каскадами;
- взаимное размещение самих блоков друг относительно друга.

В данной статье произведено построение аналогового тракта, позволяющего минимизировать отрицательные воздействия влияющих помех (рис. 1).

В данном методе измерителем будет использоваться дифференциальный приемник сигнала. В этом случае он принимает сигнал относительно второго входа.

Дифференциальный приемник сигнала измеряет разность потенциалов между двумя проводниками. Потенциалы отсчитываются относительно общего провода приемника (относительно «земли» приемника). Таким образом, дифференциальный приемник сигналов имеет три входа: два сигнальных и один общий («земля»). Важно отметить, что, с точки зрения помех, «земля» источника и приемника сигнала имеет разные потенциалы, то есть это фактически разные «земли».

Не идеальность дифференциальных приемников заключается в том, что наряду с дифференциальным сигналом на выход приемника попадает и ослабленный синфазный сигнал. Коэффициент передачи синфазного сигнала меньше, чем дифференциального, в некоторое число раз, которое называется коэффициентом ослабления синфазного сигнала  $K_{CMRR}$  [1].

Напряжение на выходе дифференциального приемника сигнала можно записать в виде:

$$V_0 = K_0 \times (V_1 - V_2) + K_{CMRR} \times V_c.$$

Так же возможно использование и других интерфейсов для передачи сигнала к приёмнику – например «токовая петля» (рис. 2). Она так же позволяет уменьшить влияние помех, действующих на аналоговый тракт. В передатчике «токовой петли» используется не источник напряжения, а источник тока. Ток в петле может измениться только вследствие утечек кабеля, которые очень малы.

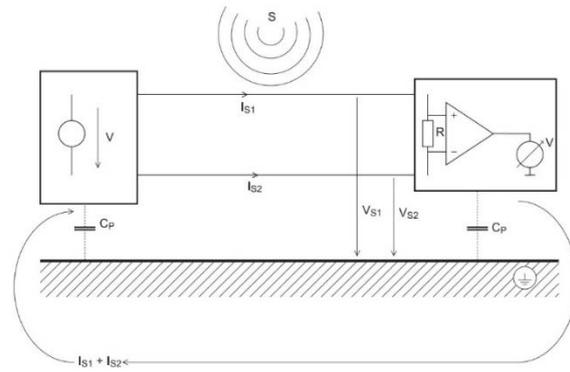


Рис. 1. Влияние помех в аналоговом тракте

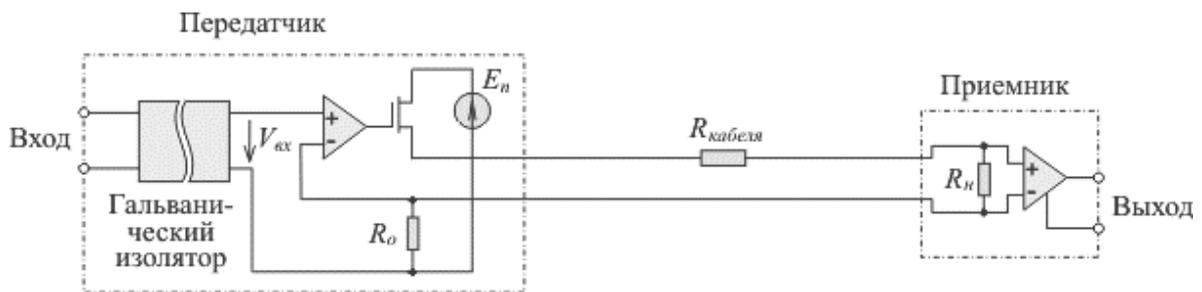


Рис. 2. Варианта построения аналоговой «токовой петли»

Принцип действия состоит в том, что при бесконечно большом коэффициенте усиления операционного усилителя (ОУ) напряжение между его входами равно нулю и поэтому ток через резистор  $R_0$  равен  $V_{\text{вх}}/R_0$ , а поскольку у идеального ОУ ток входов равен нулю, то ток через резистор строго равен току в петле и, как следует, не зависит от сопротивления нагрузки. Поэтому напряжение на выходе приемника определяется как:

$$V_{\text{вых}} = \frac{R_{\text{н}}}{R_0} \times V_{\text{вх}}.$$

Для подавления наводок на датчик используется частичное или полное его экранирование. Электрическое экранирование является одной из возможных мер обеспечения электромагнитной совместимости аппаратуры в части подавления влияния на аппаратуру переменного электрического поля.

Электропроводный экран защищает от электрической составляющей поля, а также от высокочастотной электромагнитной составляющей, если линейные размеры отверстий экрана меньше четверти длины волны электромагнитного излучения. Коэффициент экранирования круглого отверстия:

$$K_s = 20 \log(\lambda/2d).$$

При передаче сигнала используется экранированная витая пара. Скручивание выходящих и входящих проводов особенно эффективно для снижения индуктивного воздействия. При этом образуется много маленьких поверхностей, на которых индуцируются частичные напряжения помехи с чередующимися знаками.

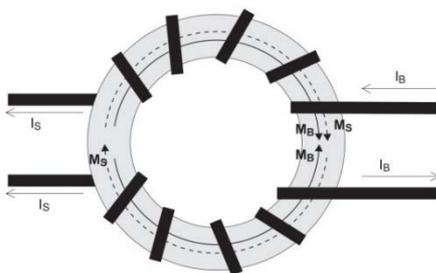


Рис. 3. Ферритовый кольцевой сердечник  $I_S$  = ток помехи,  $I_B$  = рабочий ток,  $M_S$  = магнитный поток тока помехи,  $M_B$  = магнитный поток рабочего тока

Для подавления высокочастотных синфазных помех лучше всего подходит ферритовый кольцевой сердечник (рис. 3), установленный на входящем и выходящем проводах. На рабочий ток  $I_B$  не действует практически никакая индуктивность, так как магнитные потоки взаимно компенсируются в сердечнике. Для токов синфазных помех  $I_S$  создается очень высокая индуктивность, которая сильно подавляет эти токи. Ферритовый кольцевой сердечник действует как фильтр низких частот.

Для подавления помех, проникающих через кабель питания в первичную цепь из импульсного источника питания, применяется приведенная ниже схема (рис. 4). Конденсаторы служат для замыкания тока помех,

а дроссели, увеличивая импеданс линии, предотвращают прохождение помех в кабель питания.

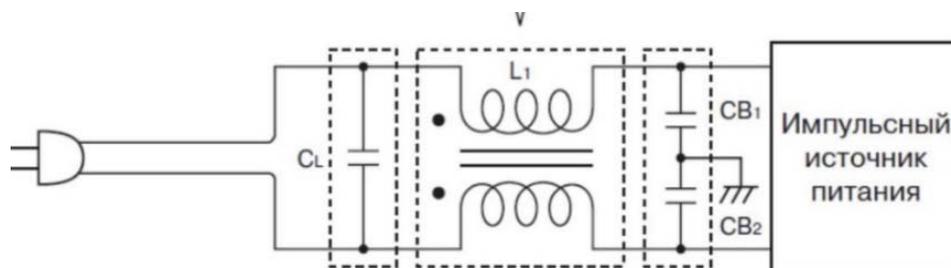


Рис. 4. Типовое решение сетевого фильтра электромагнитных помех для импульсного источника питания

К проблеме минимизации помех следует относиться крайне внимательно, поскольку при неверном выборе схем подключения можно столкнуться с тем, что система будет работать не корректно. В статье рассмотрен один из возможных методов минимизации помех при передаче аналогового сигнала. Для наилучшего качества тракта рекомендуется использовать данный метод.

#### Список используемых источников

1. Денисенко В., Халявко А. Защита от помех датчиков и соединительных проводов систем промышленной автоматизации // Современные технологии автоматизации. 2001. № 1. С. 68–75.

*Статья представлена заведующей кафедрой, доктором технических наук, профессором Г. В. Верховой.*

УДК 004.7:004.422.8

## ИННОВАЦИИ В ПРОДВИЖЕНИИ INTERNET-РЕСУРСОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

**Д. О. Вахрушев, Л. К. Птицына**

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*Рассмотрены современные представления об эффективности профессиональной деятельности в условиях экономики информационного общества. Показана взаимосвязь*

*технологического базиса профессиональной деятельности с её экономической эффективностью. Выделены перспективные тенденции формирования гипертехнологий информационных инфраструктур. Описаны ключевые особенности командной проектной деятельности в IT-сфере. Предложена новая концепция продвижения Internet-ресурсов. Выбраны формализации для реализации новой концепции. Определена концепция определения экономической эффективности профессиональной деятельности с учётом характеристик применяемых моделей продвижения Internet-ресурсов.*

*информационное общество, Internet-ресурсы, технологический базис, концепция, экономическая эффективность.*

Экономика информационного общества характеризуется активным введением Internet-ресурсов в профессиональную и социальную деятельность, обусловленным объективными требованиями внедрения технологических достижений. Internet-ресурсы являются неотъемлемой составляющей научно-технологического уровня, признаваемого решающим в долгосрочном плане экономического роста в информационном обществе. Internet-ресурсы становятся необходимыми артефактами в новых организационно-экономических формах управления объектами и процессами профессиональной и социальной деятельности, расширяющих доступ к инновациям и эффективным технологиям.

Виртуальные организации, кластеры, стратегические альянсы образуются на базе сетевых структур с Internet-ресурсами. Благодаря Internet-ресурсам организуется взаимодействие большого числа организаций, относящихся к различным секторам промышленности, бизнеса, науки и образования. При образовании сложных партнёрств в сетевых структурах формируются новые системы генерации и трансфера знаний, охватывающих различные сферы профессиональных знаний [1].

В свою очередь, появление новых систем генерации и трансфера знаний отражается в трансформации Internet-ресурсов, выступающих связующим звеном при коммуникациях в управлении знаниями. Через Internet-ресурсы человеческий капитал вовлекается в процесс создания добавленной стоимости, являющимся одним из основных результатов эффективности профессиональной деятельности в условиях экономики информационного общества.

В условиях нестабильной внешней среды Internet-ресурсы используются в организационно-экономических формах субъектов для обеспечения высокой дифференциации в целях поддержки эффективной профессиональной деятельности. При этом Internet-ресурсы позиционируются не только как системообразующие компоненты технологического базиса профессиональной деятельности, но и как необходимые артефакты процессов его адаптации к непредсказуемым изменениям во внешней среде. Высокая го-

товность Internet-ресурсов к выполнению подобных функций обеспечивается постоянно расширяющимся рядом гипертехнологий, находящихся в непрерывном развитии в соответствии с растущими объективными требованиями к эффективности профессиональной деятельности.

Перспективные тенденции формирования гипертехнологий характеризуются следующими особенностями:

- подключение к этому процессу новых формализаций, разрабатываемых при выполнении фундаментальных и прикладных исследований;
- введение в этот процесс когнитивных технологий;
- образование новых сочетаний технологий;
- конвергенция информационных и коммуникационных технологий;
- подключение модельно-аналитического интеллекта;
- соблюдение гарантий качества по различным профилям технологической эффективности;
- поддержка механизмов, необходимых для управления качеством систем, создаваемых на их базе.

Если на первых этапах развития информационного общества преимущество подключение Internet-ресурсов к сетевым структурам отображалось в товарах, технологиях производства, то сейчас их жизненный цикл сопрягается с самостоятельным видом командной деятельности в IT-сфере, стартовые позиции которой находятся в прямой зависимости от командной проектной деятельности. В связи с этим появляется объективная необходимость формирования новой концепции продвижения Internet-ресурсов.

В основу предлагаемой концепции закладываются следующие принципы:

- организация и методы продвижения Internet-ресурсов должны обуславливаться появлением новых креативных направлений в отраслях, связанных с научными исследованиями инновационных технологий их разработки;
- функционал Internet-ресурсов должен постоянно изменяться, отображая новые представления о роли интеллектуальных ресурсов;
- изменение функционала Internet-ресурсов должно синхронизироваться с обновлением и совершенствованием гипертехнологий;
- функционал Internet-ресурсов должен быть готовым для вывода на рынок технологий, которых ранее не существовало;
- средства Internet-ресурсов должны поддерживать децентрализованное управление процессами профессиональной деятельности с учетом разнообразия и сложности наукоемких производств, предусматривающих передачу ответственности за использование знаний при командной работе на более низкие уровни управления, приближающиеся к рынкам и клиентам;

– при продвижении Internet-ресурсов должна учитываться их значимость в успешном доведении соответствующей профессиональной деятельности до практически важного результата;

– продвижение Internet-ресурсов должно способствовать развитию моделей, методов и средств управления знаниями в инновационной профессиональной деятельности определённых организационно-экономических форм субъектов.

В дополнение к технократическим приёмам продвижения Internet-ресурсов предлагаемая концепция ориентируется на масштабное привлечение нематериальных активов организаций, входящих в основу инновационного развития.

Для реализации представленной концепции потребуются новые разработки формализаций, обеспечивающих сквозную связность параметрического пространства моделей и методов продвижения Internet-ресурсов с показателями эффективности определенных видов деятельности в условиях экономики информационного общества.

В целях сквозного связывания предусматривается выбор следующих групп формализаций:

– формализации описаний внешней среды для организационно-экономических форм субъектов профессиональной деятельности;

– формализации процессов построения концептуальных и функциональных моделей продвижения Internet-ресурсов;

– формализации процессов перехода между концептуальными и функциональными моделями продвижения Internet-ресурсов;

– формализации процессов анализа концептуальных моделей продвижения Internet-ресурсов с учетом возможного многообразия организационно-экономических форм субъектов профессиональной деятельности;

– формализации процессов анализа функциональных моделей продвижения Internet-ресурсов в контексте многообразия технологических базисов в организационно-экономических формах субъектов профессиональной деятельности;

– формализации выбора критериев и показателей эффективности профессиональной деятельности в зависимости от характеристик внешней среды;

– формализации определения влияния параметрического пространства моделей и методов продвижения Internet-ресурсов на критерии и показатели эффективности профессиональной деятельности в зависимости от характеристик внешней среды.

Согласно стратегическим представлениям об устойчивом экономическом росте, описанном в [2], в концепцию определения экономической эффективности профессиональной деятельности с учетом характеристик

применяемых моделей и методов продвижения Internet-ресурсов закладываются следующие принципы: многокомпонентности; комплексности; императивности; масштабности; сквозной связности; иманентности; полиморфизма; преемственности; конструктивности; опережения; полноты; этапности; открытости и развития; двойственности критерия; реальности; соизмеримости.

Сочетание этих принципов в единой концептуальной основе обеспечит необходимую связь понятий, моделей и методов определения экономической эффективности профессиональной деятельности в зависимости от характеристик процессов продвижения Internet-ресурсов.

#### Список используемых источников

1. Инновационное развитие: экономика, интеллектуальные ресурсы, управление знаниями / Под. ред. Б. З. Мильнера. М. : ИНФРА-М, 2010. 624 с. ISBN 978-5-16-003649-6.

2. Птицына Л. К., Осовецкий Л. Г., Солнцев М. В. Защита информации и информационная безопасность. Эффективность комплексных систем защиты информации в телекоммуникациях: учеб. пособие. СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2007. 108 с. ISBN 5-7422-1402-2.

УДК 004.052.32

## РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОТКАЗОУСТОЙЧИВОСТИ СЕТИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

**В. Н. Волкогонов, Ю. А. Колесникова**

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*В связи с развитием информационно-коммуникационных инфраструктур является актуальными задачи исследования и повышения эффективности работы сети передачи данных. Одним из критериев эффективности работы сети передачи данных является отказоустойчивость канала связи. В настоящее время в организациях, осуществляющих передачу данных по сети, наблюдается проблема отказа в обслуживании канала связи. Следствием отказоустойчивости является увеличение доступности информации, передаваемой по сети.*

*централизованное управление, нагрузка канала, сильно-связный граф.*

В последнее время в области управления сетями передачи данных (СПД), как в корпоративном сегменте, так и в сегменте сервис-провайдеров все ярче прослеживаются тенденции, направленные на переход

к централизованному управлению. При этом под централизованным управлением, в данном случае, понимается использование решений, обеспечивающих полное управление из единого интерфейса всеми элементами, входящими в состав СПД. В свою очередь, задачей данного интерфейса является обеспечение возможности управления логикой работы всех элементов СПД в целом, а не предоставление доступа к разнородным интерфейсам. В рамках решения данной задачи подразумевается, что единый интерфейс отдельно взаимодействует с каждым элементом СПД, во-первых, для получения актуальной информации о состоянии элемента и его компонентов, а во-вторых для передачи элементу СПД управляющих воздействий, целью которых является изменение параметров его функционирования. Одним из возможных подходов, реализующих описанную концепцию, является SDN (*Software Defined Network* – программно-определяемая сеть).

В ранее опубликованных работах [1, 2] были рассмотрены возможные варианты реализации концепции SDN, а также было показано, что по ряду причин, подробно рассмотренных в работе [1], модель реализации гибридной SDN является наиболее оптимальной, поскольку не требует замены существующего оборудования или программного обеспечения, обслуживающего СПД, а также позволяет использовать для обеспечения своей работы существующие алгоритмы и протоколы «классических» СПД. В работах [1, 2] была рассмотрена возможность использования механизма, обеспечивающего перенаправление трафика с учетом нагрузки на отдельные элементы СПД.

Вышеописанный подход может быть реализован путем применения SDN-контроллера, обеспечивающего централизованное управление СПД.

Большинство алгоритмов, обеспечивающих работу тех или иных механизмов контроля и управления в СПД, используют представление СПД в виде графа, вершины которого соответствуют сетевым элементам (коммутаторам или маршрутизаторам), ребра – каналам связи (рис. 1). В графе  $n$  вершин, источником является  $i$ -вершина, пунктом назначения –  $j$ -я. Базовая реализация алгоритма, описанного в работе [2] предполагает, что граф, в виде которого представлена рабочая СПД, топологически отсортирован.

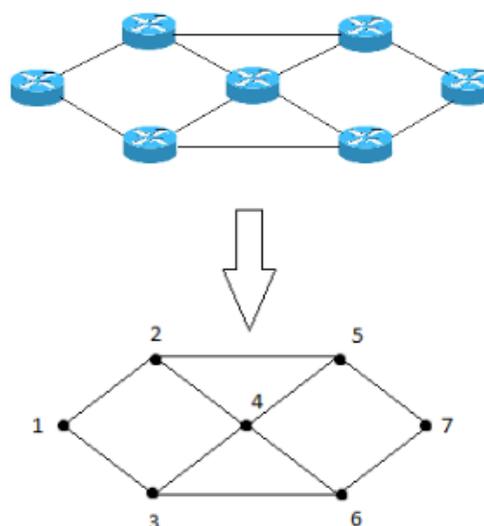


Рис. 1 Представление сети в виде графа

Описанный в [2] механизм предполагает, что рабочая СПД находится под управлением контроллера, который оценивает ситуацию с действующей на канале связи нагрузкой, и, в зависимости, от установленных пороговых значений действующей нагрузки передает на сетевые элементы команды, запускающие процесс перерасчета маршрутов, согласно стандартному протоколу EIGRP, использование которого в данном решении обосновано в работе [2].

После того, как вследствие изменения значения нагрузки было достигнуто определенное (заданный администратором) пороговое значение этого параметра (шаг 1 на рис. 2 – контроллер по запросу получает эту информацию), контроллер передает на маршрутизаторы (один или несколько) решение о перерасчете маршрута (шаг 2 на рис. 2).

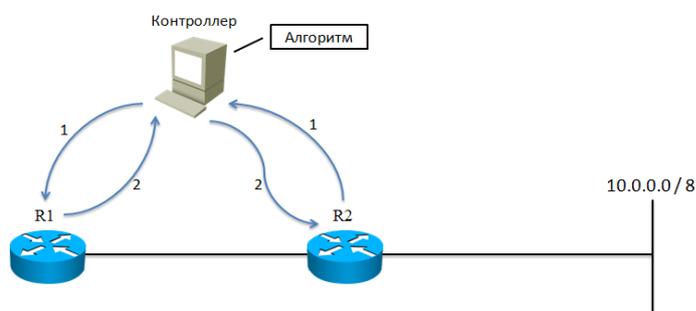


Рис. 2 Схема СПД с применением концепции SDN

Поскольку маршрутизатору, участвующему в работе EIGRP, известны текущие значения параметра нагрузки, то передача этих параметров не требуется. После получения решения о перерасчете маршрутов маршрутизатор запускает вычисления метрики

для всех маршрутов, или для тех маршрутов, которые затрагиваются изменившимся значением метрики согласно текущим спецификациям EIGRP безо всяких изменений. Пересчет метрики может привести к тому, что для определенного потока трафика выбирается маршрут, идущий по каналам передачи данных с меньшей пропускной способностью, но с меньшим значением действующей нагрузки (метрика текущего нагруженного канала передачи данных станет больше метрики канала с действующей меньшей нагрузкой), таким образом происходит переключение маршрута прохождения трафика, что позволит избежать отказов в обслуживании и нарушения доступности информации. Такая конечная реализация предложенного механизма задействует уже имеющиеся на сетевых устройствах механизмы и алгоритмы и не требует изменений ни в аппаратной, ни в программной реализации сетевых устройств.

Описанную систему, состоящую из контроллера и управляемых им сетевых элементов можно представить стохастической динамической системой, поскольку действующая в рамках этой системы нагрузка имеет вероятностную природу, и линейной функцией ее не описать. Но тем не менее, в работе [1] было выведено следующее разностное уравнение, дающее ориентиры относительно динамики нагрузки:

$$Load_i = \alpha * Load_{i-1} + (1 - \alpha) * Load_{new},$$

$$0 \leq \alpha \leq 1,$$

где  $\alpha$  –чувствительность к изменениям в нагрузке

То есть, если коэффициент  $\alpha$  близок к единице, в нагрузке на  $i - m$  шаге будет преобладать нагрузка  $(i - 1)$ -го шага, значение на  $i - m$  шаге будет приближено к значению  $(i - 1)$ -го шага.

Целью диссертационной работы является создание модели (язык программирования – C++), реализующей выше описанную идею. СПД представляется в виде графа, на котором реализован алгоритм, состоящий из модифицированных известных алгоритмов теории графов. Генерация нагрузки на ребрах будет реализована с помощью таймера. Важным вопросом является поиск верхних и нижних граничных условий при стабилизации реакции маршрутизаторов на изменение нагрузки. Предполагается, что эти данные вводятся системным администратором в качестве параметров модели. План алгоритма стабилизации реакции маршрутизатора на изменение вероятностных параметров нагрузки:

```

vector <vector<int>> G;           // граф сети
find_bridges(G);                //поиск мостов в графе сети
separating(G);                  //разделение графа сети на сильно-связные под-
графы
                                // g – подграф графа G
while(1)                        //процесс считывание нагрузки
                                //и последующее принятие решения
                                //происходит постоянно в процессе
                                //работы сети
for g ∈ G
    bfs(g);                      //поиск непересекающихся маршрутов в
                                //подграфе g
    read(load);                  //считывание нагрузки
    if (read(load) == ...)
        change_route();         //при достижении граничных условий,
                                //перебросить поток трафика на альтернативный
                                //маршрут

```

#### Список используемых источников

1. Красов А. В., Левин М. В. Возможности управления трафиком в рамках концепции SDN // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. IV Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сборник научных статей в 2 томах. Санкт-Петербург, 03–4 марта 2015. СПб.: СПбГУТ, 2015. Т. 1. С. 350–354.

2. Красов А. В., Левин М. В., Цветков А. Ю. Управление сетями передачи данных с изменяющейся нагрузкой // Всероссийская научная конференция по проблемам управления в технических системах, Санкт-Петербург, 28–30 октября 2015. СПб. : СПбГЭТУ, 2015. № 1. С. 141–146.

УДК 514.182

## ЭВРИСТИЧЕСКИЕ АЛГОРИТМЫ ТРАНСЛЯЦИИ ДАННЫХ О ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ФОРМЕ ИЗ СИСТЕМЫ «СИМПЛЕКС» В OBJ ФОРМАТ

**Д. В. Волошинов, Э. Э. Гянджиев, К. Е. Макаренко**

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*Статья посвящена рассмотрению ряда вопросов, связанных с организацией информационного обмена между системой конструктивного геометрического моделирования Симплекс с системами автоматизации проектирования общетехнического назначения через OBJ-формат. На стадии выполнения предварительного проектирования пространственных форм предлагается использовать «не вполне точные» эвристические алгоритмы формирования данных, позволяющие в значительной степени ускорить процесс обмена данными между системами.*

*геометрическое моделирование, автоматизация проектирования, OBJ-формат.*

Система геометрического моделирования Симплекс является инструментальным средством, позволяющим решать многие задачи конструктивной геометрии на основе синтеза алгоритмов на плоской картине [1, 2, 3, 4]. Моделирование на плоскости позволяет решать множество практически важных задач не только допускающих двумерную интерпретацию, но и выходить в пространства более высоких размерностей, в том числе, третью [5]. Современные программные системы САПР обладают мощными вычислительными средствами для работы с моделями трехмерной формы, в том числе они обеспечивают высококачественный графический интерфейс, через который пользователь осуществляет управление трехмерными данными и наблюдает результаты выполненного проектирования. Однако, при всей развитости и мощности таких программных средств, они не позволяют решать задачи конструктивного геометрического моделирования в той исчерпывающей полноте, которую обеспечивает теория этой науки. Основной причиной этого недостатка является практическая целевая направленность таких систем на проектирование поверхностей, имеющих конкретное техническое воплощение в виде тех или иных корпусных изделий. Фактически, системы трехмерного моделирования не являются средствами расчета, в которых получаемые данные выступали бы в качестве промежуточных объектов какой-либо вычислительной схемы. И, как следствие этого, системы САПР не имеют в своем составе тех важнейших геометрических

функций, составляющих теоретический базис конструктивной геометрии, которые бы работали с бесконечно удаленными объектами, обладали бы свойствами проективности, реализовывали различные геометрические преобразования и т. п.

Эти и некоторые другие соображения послужили стимулом к разработке такой концепции системы геометрического моделирования, которая, с одной стороны, была бы свободна от указанных недостатков, а с другой, позволяла бы дополнять возможности САПР необходимыми функциями в тех областях, для которых они предназначаются непосредственно – для проектирования геометрических форм.

Система Симплекс является системой конструктивного геометрического моделирования и предназначена для синтеза конструктивных моделей, которые нерационально включать в состав САПР общетехнического назначения. Система является конструктором геометрических алгоритмов, которые реализуются на плоской картине. Переход от плоских объектов к пространственным конструкциям или даже к конструкциям более высоких размерностей выполняется за счет установления многосвязных отношений между плоскими объектами, которые, собственно, и выполняют моделирование пространств высших размерностей.

Как известно, наибольшее распространение в практике традиционного конструкторского дела получили проекционные модели вида  $G^3_{22}$  – моделирование трехмерного пространства на плоских картинах в двух полях, то есть схеме, работающей по методу двух изображений. Частным случаем такого метода является эпюр Монжа.

Поверхность, которая имеет явное геометро-конструктивное описание, можно считать заданной, если установлена зависимость точки, принадлежащей поверхности, от двух изменяющихся числовых параметров. Применяя, например, кинематический способ образования поверхности, можно полагать, что один из параметров осуществляет перемещение образующей (контура сечения поверхности) по направляющей. Второй параметр при этом служит для позиционирования точки, моделирующей поверхность, в конкретном геометрическом месте сечения. Таким образом, мы имеем возможность образовать твердотельную модель, состоящую из произведения  $(m + 1)$  на  $(n + 1)$  точек, где  $m$  – количество интервалов, на которые разбивается направляющая, а  $n$  – количество интервалов, на которые делится образующая. С кибернетической точки зрения, мы имеем дело с двумя вложенными циклами, в теле которых исполняется алгоритм, осуществляющий преобразование конкретных значений параметров в выходные значения движимой по поверхности точки. Разумеется, на модели точка представляется двумя проекциями – точками плоскости, находящимися в жесткой проекционной взаимосвязи.

Наличие подобной процедуры позволяет не только вычислить координаты сетки граней, аппроксимирующей модель поверхности, но и сформировать твердотельную модель, которая может быть принята сторонними программными системами через форматы обмена данными.

Одним из таких форматов является OBJ-формат, предназначенный для обмена твердотельными моделями. Формат представляется относительно простым и, в частности, является одним из тех форматов, который наряду с форматом STL (стереолитография) используется для обмена данными в системах 3D печати. Его популярность и универсальность послужили причиной того, что этот формат было решено использовать для экспорта данных из системы Симплекс после генерации твердотельной модели по описанной ранее процедуре.

Однако формат OBJ не допускает наличия вложенных связанных структур, в то время как в системе Симплекс такие структуры присутствуют и активно используются для сокращения времени выполнения теоретико-множественных операций. В связи с этим при формировании данных в формате OBJ требуется дополнительная редакция вложенных контуров, принадлежащих к одной плоскости, и, следовательно, не имеющих связей друг с другом в виде избыточных ребер. Поэтому одной из задач, связанной с передачей данных в OBJ-формате, является восстановление таких связей, поскольку формат OBJ не критичен к наличию разрезов в плоских контурах.

Такая задача может быть решена формально, однако ее решение требует относительно высоких вычислительных затрат, в особенности, в тех случаях, когда аппроксимация поверхности выполняется с повышенной точностью и модель насыщена большим количеством вершин. Для упрощения такого преобразования, когда модель используется лишь для тестовых, но не окончательных вычислений, вполне возможно использовать эвристические алгоритмы, которые с высокой долей вероятности будут приводить к корректным результатам и значительно сокращать требуемое время на производство вычислений.

Проведенные исследования показали, что наибольшее время при формировании данных в OBJ формате затрачивается при анализе вложенных плоских контуров. Алгоритм соединения плоских связанных контуров дополнительными «мостовыми» ребрами по кратчайшему расстоянию между вершинами и объединяющими вложенные геометрические структуры, не является топологически строгим, однако не требует анализа топологии контуров с привлечением данных об их ребра. Процедура может выполняться рекурсивно для произвольной иерархии связанных контуров с вычислительной сложностью на каждом этапе вида  $O(n \log_2(n))$ , что позволяет в подавляющем большинстве практических случаев (порядка 95 % задач синтеза типовых пространственных форм по классическим конструктивным моделям)

получать корректный результат без необходимости полного анализа топологии контуров, принадлежащих общим плоскостям.

#### Список используемых источников

1. Волошинов Д. В. Геометрическая лаборатория. Закладываем основы // Качество графической подготовки: проблемы, традиции и инновации: материалы VII международной Интернет-конференции. Февраль–март 2017 г. Пермь, 2017.
2. Волошинов Д. В. Геометрическая лаборатория. Инструменты ортогональности // Качество графической подготовки: проблемы, традиции и инновации: материалы VII международной Интернет-конференции. Февраль–март 2017 г. Пермь, 2017.
3. Волошинов Д. В. Геометрическая лаборатория. Новый геометрический инструмент // Качество графической подготовки: проблемы, традиции и инновации: материалы VII международной Интернет-конференции. Февраль–март 2017 г. Пермь, 2017.
4. Волошинов Д. В. Конструктивное геометрическое моделирование. Теория, практика, автоматизация: монография. Saarbrücken : Lambert Academic Publishing, 2010. 355 с.

УДК 514.182

## ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ПЛОСКОГО КОНТУРА МЕТОДОМ ПОСТРОЕНИЯ ЭКВИДИСТАНТ ДЛЯ ЗАДАЧ 3D ПЕЧАТИ

**Д. В. Волошинов, А. М. Сосновских, М. А. Трифанов**

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*Большое число принтеров для 3D печати управляются при помощи системы G-кодов, которые предоставляют всю необходимую информацию о координатах и траекториях перемещения рабочих органов принтера в трёхмерном пространстве. Однако, в ряде случаев, известные в настоящее время методы преобразования 3D объекта в G-коды не эффективны. В статье предлагаются способы управления устройствами 3D печати на основе альтернативных методов, основанные на использовании конструктивных геометрических моделей.*

*геометрическое моделирование, 3D-печать, Симплекс.*

В настоящее время технология 3D-печати методом послойного наплавления материала на печатаемое изделие (FDM) [1] находит широкое практическое применение, в том числе и в бытовых печатающих устройствах. Обладая возможностями воспроизведения разнообразных геометрических

форм, данная технология обладает и рядом недостатков, наиболее существенный из которых – невозможность печати «навесных» элементов форм без т.н. поддержки. Для компенсации этого недостатка приходится затрачивать существенные объемы материала, расходуемого впустую. Кроме того, необходимость отделения элементов дополнительной поддержки от окончательного изделия, может приводить к неожиданной поломке изделия и браку. Рассмотрим в качестве примера трёхмерный объект (рис. 1), в форме которого содержатся два плоских фрагмента, расположенные на разных уровнях по высоте.

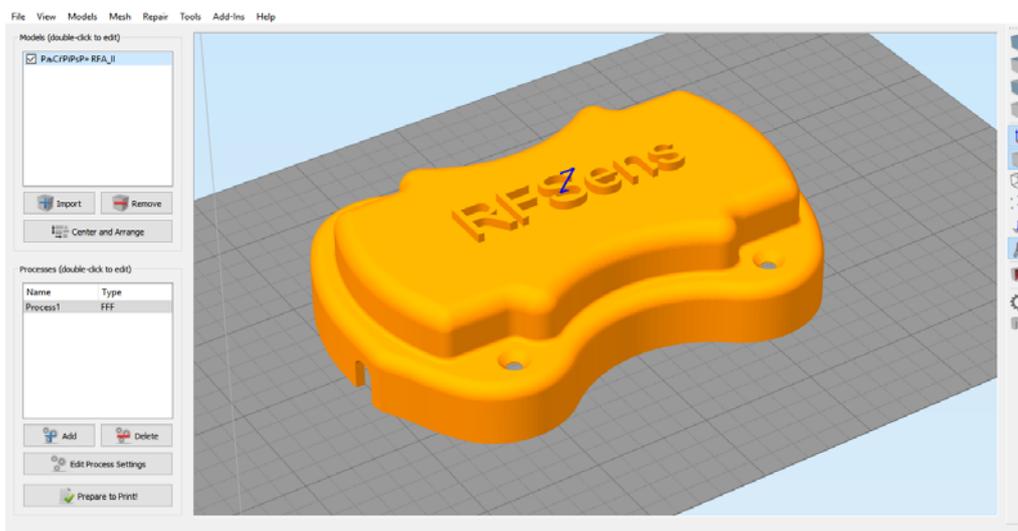


Рис. 1. Пример трехмерного объекта с особенностями формы

Очевидно, что при печати данного изделия с поддержкой будет затрачено большое количество материала, сопоставимое с объемом самого изделия (рис. 2).

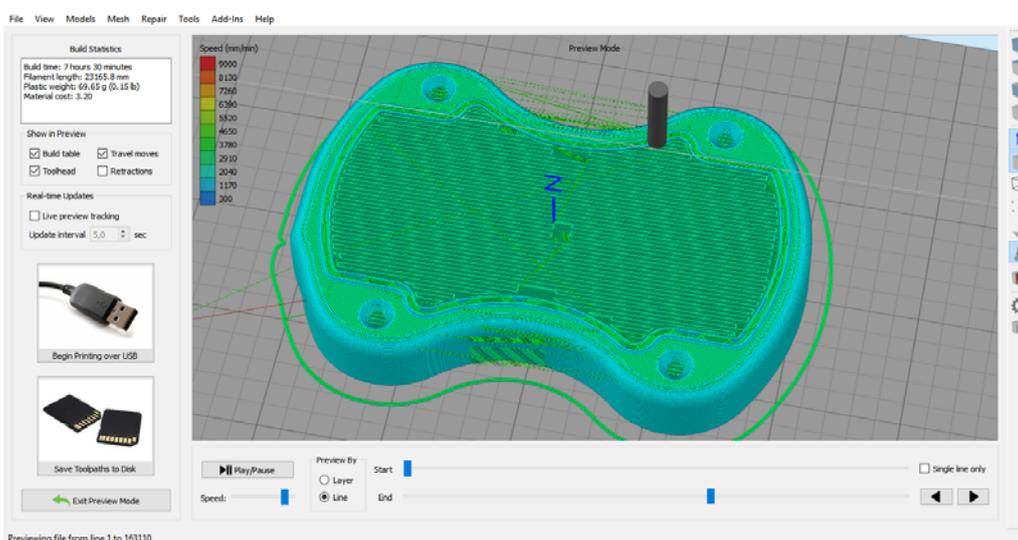


Рис. 2. Реализация элементов поддержки для обеспечения выполнимости печати

Если же совсем отказаться от исполнения элементов поддержки, то данная модель сможет быть распечатана только до определённого слоя, а дальше принтер будет пытаться напечатать слой плоскости, у которой нет опоры, и нет соединения с ранее распечатанными слоями модели (рис. 3). Разумеется, печать «по воздуху», которая будет формально исполнена, не позволит состыковать части объекта, что приведет к получению бракованного изделия.

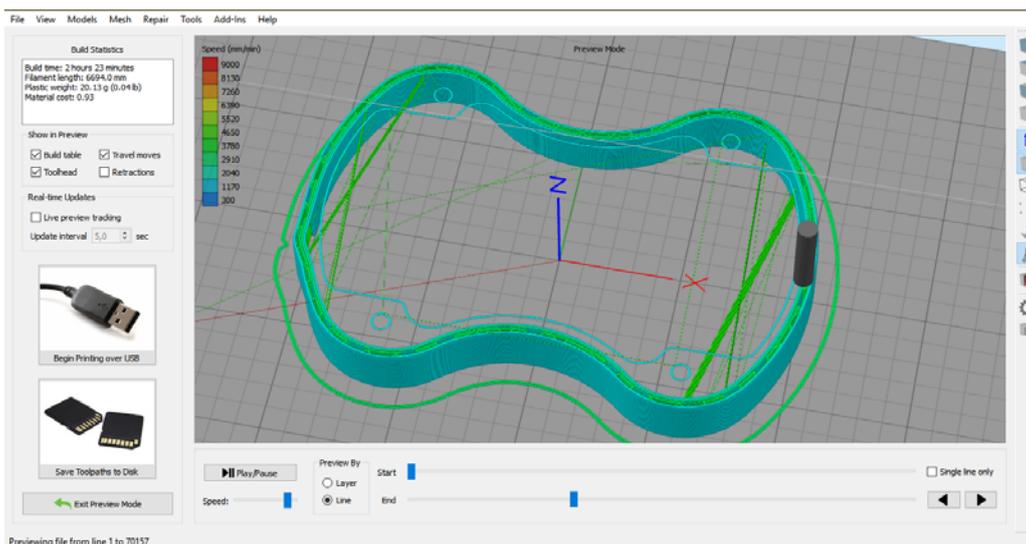


Рис. 3. Иллюстрация невозможности печати методом построения «мостов»

Для решения проблемы отсутствия опор был предложен новый способ заполнения слоев печати материалом, не использующийся в настоящее время в программах-слайсерах, преобразующих твердотельную модель из промежуточного формата в набор инструкций G-code. Суть этого способа заключается в том, что наращивание слоев печати осуществляется не методом «перекидывания мостов», а методом построения эквидистантных контуров. При таком подходе к уже напечатанному контуру будет присоединяться новый контур, проходящий лишь на некотором расстоянии от заданного. Последовательное наращивание подобных контуров позволяет сформировать плоскую область либо без необходимости поддержки, либо с поддержкой, но с существенно сокращенным количеством требуемого на такую поддержку материала. В проводимом исследовании разработан оригинальный алгоритм формирования эквидистантных контуров на основе конструктивного геометрического моделирования, обеспечивающий адекватное заполнение любых плоских замкнутых областей. Пример построения эквидистантного контура, выполненный в системе Симплекс [2, 3, 4, 5], представлен на рис. 4.



Рис. 4. Построение эквидистантных контуров в системе Симплекс

Данный метод обладает преимуществом перед имеющимися алгоритмами не только в том, что при заполнении плоскости по эквидистантным контурам при печати получается более ровная поверхность нежели поверхность. Конструктивная геометрическая модель позволяет динамически рассчитывать формы промежуточных контуров и сразу же на лету генерировать G-код для управления позиционирующими механизмами печати, что позволяет, в принципе, генерировать управляющие CNC-программы без использования методов твердотельного геометрического моделирования.

#### Список используемых источников

1. Слюсар В. И. Фаббер-технологии. Новое средство трехмерного моделирования. Электроника: наука, технология, бизнес. 2003. № 5. С. 54–60.
2. Волошинов Д. В. Геометрическая лаборатория. Закладываем основы // Качество графической подготовки: проблемы, традиции и инновации: материалы VII международной Интернет-конференции. Февраль–март 2017 г. Пермь, 2017.
3. Волошинов Д. В. Геометрическая лаборатория. Инструменты ортогональности // Качество графической подготовки: проблемы, традиции и инновации: материалы VII международной Интернет-конференции. Февраль–март 2017 г. Пермь, 2017.
4. Волошинов Д. В. Геометрическая лаборатория. Новый геометрический инструмент // Качество графической подготовки: проблемы, традиции и инновации: материалы VII международной Интернет-конференции. Февраль–март 2017 г. Пермь, 2017.
5. Волошинов Д. В. Конструктивное геометрическое моделирование. Теория, практика, автоматизация: монография. Saarbrücken : Lambert Academic Publishing, 2010. 355 с.

УДК 330.45

## АКСИОМАТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ФОРМИРОВАНИЮ ПРАВИЛ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ МНОГИХ КРИТЕРИЯХ НА ОСНОВЕ РАНГОВОЙ ИНФОРМАЦИИ ОБ ИХ ЗНАЧИМОСТИ

**Е. В. Востоков**

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*Большинство управленческих решений оцениваются по нескольким критериям. При многих типичным оказывается случай, когда по разным критериям оптимальными оказываются разные альтернативы. Большое распространение получили методы решения многокритериальных задач, опирающиеся на ранговую информацию о важности критериев. Одной из проблем, возникающих при использовании подобной информации, является оценка правомерности использования конкретного правила и степени его соответствия реальным предпочтениям ЛПР.*

*принятие решений при многих критериях, ранговая информация о важности критериев, управленческие решения.*

В общем виде под многокритериальной задачей понимают  $M$  отношений предпочтения  $\{F_i\}_{i=1:M}$ , заданных на множестве допустимых альтернатив (стратегий)  $D$ . Отыскание оптимального решения для многокритериальных задач (МКЗ) практически неразрывно связано с использованием дополнительной информации, так как «естественный» оптимум, соответствующий Парето-оптимуму, чаще всего состоит из множества альтернатив, каждую из которых можно рассматривать как наилучшее решение. Выбор из него (Парето-оптимума) конкретной альтернативы в любом случае связано с использованием какой-то дополнительной информации.

Дополнительная информация состоит из сообщений, связанных с выбором конкретной альтернативы, получаемой как априорно (до начала поиска «оптимальной» альтернативы), так и интерактивно, в ходе выбора конкретного решения. Чаще всего дополнительная информация состоит из сообщений о:

а) предполагаемых свойствах сравнений альтернатив при выборе (транзитивности сравнений, представлении сравнения в виде некоторой не выявленной функции, независимости от определенных преобразований шкал критериев и т. д.);

б) общих требований, предъявляемых к окончательному решению (единственность, независимость от посторонних альтернатив и т. д.);

в) предполагаемых сравнений между критериями (возможность сравнения критериев по важности – ранговая или количественная);

г) предпочтительность выбора конкретных альтернатив (не обязательно принадлежащих множеству  $D$ ), а также возможность оценки близости конкретного решения к нему.

Дополнительную информацию типа А – В можно назвать структурной, а типа Г – сопоставительной. Под дополнительной информацией мы понимаем совокупность сообщений  $\Omega$  вместе с оценкой достоверности каждого из сообщений  $d_w$  из  $\Omega$  и вероятности получения  $p_w$  для тех из них, получение которых предполагается в ходе интерактивных процедур.

Указанные положения позволяют сформулировать определение  $M$  расширенной многокритериальной задачи (РМКЗ) как совокупности, состоящей из множества допустимых альтернатив  $D$ , на котором задано  $m$  критериев  $\{F_i\}_{i=1:m}$  совместно с дополнительной информацией  $\Omega$ .

Одним из наиболее распространенных видов дополнительной информации является ранговое сравнение критериев и их групп (в дальнейшем их будем называть коалициями, чтобы не путать с алгебраическими группами) по важности, т. е. наличие некоторого отношения предпочтения  $R$  заданного на  $2^M$  – множестве всех подмножеств множества критериев  $M = \{1, 2, \dots, m\}$ . Множество всех отношений на множестве  $M$  обозначим  $K(M)$ .

Будет записываться  $(S, T) \in R$ , если значимость критериев из коалиции  $S$  не ниже, чем для критериев из  $T$ . Равная значимость критериев из коалиции  $S$  и  $T$  означает, что в  $R$  входит как  $(S, T)$ , так и  $(T, S)$ . В случае, если оптимизация по критериям из  $S$  строго предпочтительнее, чем по  $T$ , имеет место  $(S, T) \in R$  и  $(T, S) \notin R$ . Базовыми предположениями относительно отношения  $R$ , являются

- 1) Рефлексивность ( $(S, S) \in R$ , для любых коалиций критериев  $S$ );
- 2) Транзитивность (если  $(S, T) \in R$  и  $(T, W) \in R \Rightarrow (S, W) \in R$ ).

Исходя из указанных свойств отношение  $R$  можно представить в виде  $R = R_{>} \cup R_{\sim}$ , где  $R_{>}$  отношение строго порядка (антисимметричное транзитивное отношение) и  $R_{\sim}$  отношения эквивалентности (симметричного рефлексивного транзитивного отношения), причем  $R_{>} \cap R_{\sim} = \emptyset$ .

Использование рангового отношения предпочтения на коалициях критериев для решения многокритериальной задачи предполагает трансформации его в некоторое бинарное отношение, заданное на пространстве  $\text{Re}^M$  ( $M$ -мерное критериальное пространство). Естественно предполагать, что каждой коалиции критериев  $S$  соответствует некоторый вектор  $\phi(S)$  в критериальном пространстве  $\text{Re}^M$ . Естественно считать, что на вектора  $\phi(S)$  переносится и отношение  $R$ , заданное на множестве групп критериев  $2^M$ , т. е.  $(\phi(S), \phi(T)) \in \phi(R) = R_\phi$ , тогда и только когда  $(S, T) \in R$ .

Не ограничивая общности, будем предполагать, что решение многокритериальной задачи предполагает максимизацию всех критериев. Будем первоначально предполагать, что в качестве эталона выступают вершины единичного  $M$ -мерного гиперкуба, т. е.  $\varphi_i(S) = 1$ , если  $i \in S$  и  $\varphi_i(S) = 0$  если  $i \notin S$ .

Будем называть подобный эталон нормированным.

Задание эталона и перенос на его вектора отношения важности  $R$  не решает полностью задачи переноса ранговых сравнений между группами критериев на пространство критериев  $\text{Re}^M$ . Для построения соответствующего правила необходимо задать отображение отношения  $R_\phi$ , заданного на вершинах эталона в отношение, заданное на пространстве  $\text{Re}^M$ .

Обозначим через  $\sigma$  множество отношений, для которых может использоваться эталон  $\phi$ . Принципом соответствия важности (ПСВ- $\phi$ ) на множестве  $\sigma$  назовем такое отображение  $\Psi$  сопоставляющее отношению  $R_\phi$ , отношение  $\Psi(R_\phi)$  заданное на пространстве  $\text{Re}^M$ , для которого выполнено

1.  $R_{\phi \square} \subset \Psi(R_{\phi \square})$  и  $\setminus$
2.  $R_\phi \setminus R_\phi^{-1} \subset \Psi(R_\phi) \setminus (\Psi(R_\phi))^{-1}$ ,

где  $R_{\phi \square}$  отношение обратное отношению  $R_\phi$ ,  $(\Psi(R_\phi))^{-1}$  отношение обратное отношению  $\Psi(R_\phi)$ .

Свойство 2 означает, что строгое предпочтение, заданное на элементах эталона должно сохраняться и при расширении области задания отношения.

Для построения эффективного ПСВ- $\phi$ , который может быть реально применен к решению многокритериальных задач, необходимо ввести ряд дополнительных условий, позволяющих сузить класс допустимых ПСВ. Первым из них является свойство наследственности, предопределяющее определенное сходство изменения отношений на эталоне и в критериальном пространстве.

**A1** (свойство наследственности). Если  $R_{\phi_1} \subset R_{\phi_2}$ , то  $\Psi(R_{\phi_1}) \subset \Psi(R_{\phi_2})$ .

Другим важным условием является учет при расширении отношений допустимости определенных алгебраических преобразований шкал критериев. Напомним, что алгебраическая операция считается недопустимой на некоторой шкале критерия, если после ее применения возникает неопределенность в интерпретации результата [2]. Относительно подобных операций должна обеспечиваться согласуемость ПСВ- $\phi$  со шкалой критериев. Большинство алгебраических операций, относительно которых допустимо преобразование шкал критериев, образуют алгебраическую группу.

Напомним, что множество  $G$  с заданной на нем операцией  $*$  называется группой, если выполнены следующие три условия:

1. Для любых элементов  $g_1, g_2, g_3$  из  $G$  выполнено  $g_1*(g_2*g_3) = (g_1*g_2)*g_3$ .

2. Существует такой элемент  $e$  из  $G$ , что для любого  $g \in G$  выполнено  $e * g = g * e$ .

3. Для любого элемента  $g$  из  $G$  существует обратный ему элемент  $g^{-1}$ , т. е.  $g * g^{-1} = e$ .

Поэтому важным требованием к ПСВ является независимость эталона относительно, задаваемых алгебраической группы преобразований. Критерии МКЗ могут иметь разнокачественные, с точки зрения допустимых преобразований шкалы, поэтому естественно связать множество допустимых преобразований эталона не со всеми критериями, а только с определенными их коалициями, в том числе и с пустой. Обозначим через  $G^S$  алгебраическую группу, относительно которой необходимо обеспечить инвариантность ПСВ-ф при преобразовании эталона.

Определение. Будем говорить, что группа  $G$  действует на эталон  $\phi$ , если

1.  $e * \phi = \phi$ ;
2.  $g * (h * \phi(S)) = (g * h) * \phi(S)$  для любых  $g$  и  $h \in G$ ;
3. Если  $(\phi(S), \phi(T) \in R_\phi, \square$  то  $g * \phi(S), g * \phi(T) \square \in R_{g * \phi}$ .

Иначе говоря, действие группы на эталон означает, что в качестве эталона можно выбрать любой набор векторов из  $\text{Re}^M$ , в которые может быть отображен исходный эталон. Инвариантность эталона относительно действия на него алгебраических групп означает:

**A2** (условие независимости ПСВ от действия набора групп). Если  $\Psi$  является ПСВ-ф с областью задания  $\sigma$ , то при любых  $S$  из  $2^M$  и элементов  $g$  из  $G^S$  отображение  $\Psi$  оказывается ПСВ- $g * \phi$  с областью задания  $\sigma_g$ , для всех отношений заданных на  $2^S$ .

Третьим важным свойством является инвариантность эталона при изменении отображения  $\Psi$  при действии на него некоторого набора алгебраических групп  $\{H^S\}_{S \in 2^M}$ .

Определение 2. Под действием группы  $G$  на ПСВ  $\phi$  (отображение)  $\Psi$  будем понимать выполнение следующих условий:

1.  $e * \Psi = \Psi$ ;
2.  $g * (h * \Psi(R)) = (g * h) * \Psi(R)$ , при любых  $R$ , заданных на  $2^M$ ;
3. Если  $(x, y) \in \Psi(R)$ , то  $(g * x, g * y) \in g * \Psi(R)$ .

Свойство инвариантности отображения  $\Psi$  являющегося ПСВ  $\phi$  относительно набора групп  $\Phi$  можно сформулировать следующим образом:

**A3** (свойство инвариантности). Если  $\Psi$  является ПСВ-ф с областью задания  $\sigma$ , то при любых  $g \in H^S$  и коалиции  $S$  отображение  $g * \Psi$  также остается ПСВ-ф с областью задания  $\sigma_g$ , причем  $\sigma_g \cap K(S) = \sigma \cap K(S)$ .

При всей схожести свойств инвариантности и независимости между ними имеется достаточно существенное различие. Свойство независимости

предполагает преобразование эталона как единого целого, а свойство инвариантности предполагает только возможность продолжения сравнения пар векторов, входящих в эталон  $\Phi$  в соответствии с определенными правилами.

Также, как и для исходного отношения  $R$  естественно предполагать, что:

**A4.** Отношение  $\Psi R_\Phi$  транзитивно для любых  $R_\Phi$ .

Далеко не всегда, задавая аксиомы независимости A2 относительно групп  $\{G^S\}_{S \in 2^M}$  и A3 относительно  $\{H^S\}_{S \in 2^M}$  удастся обеспечить единственность  $\Psi$  являющегося ПСВ-ф. Поэтому дополним аксиомы A1–A4, еще одним требованием – минимальностью расширения отношений при формировании ПСВ.

**A5** (свойство минимальности расширения). Если  $\Psi$  является ПСВ-ф удовлетворяет некоторому набору требований  $U$  с областью задания  $\sigma$ , то не существует другого  $\Psi'$ , также являющегося ПСВ-ф удовлетворяющего набору требований  $U$  и имеющего область задания  $\sigma' \supseteq \sigma$ , такого что  $\Psi'(R_\Phi) \subset \Psi(R_\Phi)$  для любого  $R_\Phi$  и существует такое  $R_\Phi^{\square*}$ , что включение является строгим.

Можно утверждать, что требования A1, A5, а также A2 относительно групп  $\{\{G^S\}_{S \in 2^M}\}_{n=1:N}$  и A3 относительно  $\{\{H^S\}_{S \in 2^M}\}_{l=1:L}$  определяют единственное ПСВ-ф отношение, определяемое по формуле

$$\Psi^*(R_\Phi) = \bigcup_{(S,T) \in R} \{(x,y) \in \text{Re}^M : x = g \circ h^* \phi(S); y = g \circ h^* \phi(T), g \in \{\cup T\}_{S \cup T \in 2^M}; h \in \bigcup_{l=1}^L \bar{H}_l^{S \cup T}\},$$

где  $\bar{G}^S$  группа, порожденная  $\{\{\bar{G}_n^W\}_{W \supset S}\}_{n=1:N}$ ; а  $\bar{H}_l^S = \bigcup_{W \supset S} H_l^W$ ,  $l=1:L$ .

Сформулированное правило позволяет сделать вывод, что аксиома независимости может быть сформулирована только относительно одного набора групп  $\{G^S\}_{S \in 2^S}$ , причем если  $T \subset S$ , то  $G^T \subset G^S$ .

Если к перечисленным выше требованиям добавить аксиому A4, то ПСВ-ф будет транзитивным замыканием отношения  $\Psi^*(R_\Phi)$ . Напомним, что транзитивным замыканием отношения  $R$ , называется такое отношение  $T(R)$ , что  $(x, z) \in T(R)$ , если существует такая цепочка сравнений  $(x, y_1), (y_1, y_2), \dots, (y_q, z) \in R$ .

Полезность полученных результатов можно проиллюстрировать набором примеров ПСВ, формируемых исходя из высказываний о важности критериев, при разных группах, используемых для задания требований инвариантности и независимости.

В качестве классических групп, используемых при формулировке требований независимости и инвариантности, обычно рассматривают:

1) Группу сложения в  $\text{Re}^M$ , которую мы обозначим  $\text{Add}(M, M)$ ;

2) Группу умножения на положительные диагональные матрицы в пространстве  $\text{Re}^M$ , которую мы обозначим  $D(M, M)$ ;

3) Группу сдвига относительно главной диагонали пространства  $\text{Re}^M$ , которую мы обозначим  $\text{Add}(M, 1)$ ;

4) Группу умножения на положительное число векторов пространства  $\text{Re}^M$ , которую мы обозначим  $D(M, 1)$ ;

5) Набор групп критериев сдвига независимых факторов  $\{\text{Add}(M, M \setminus S)\}_{S \in 2^M}$ .

Большинство наиболее популярных ПСВ, реально используемых в многокритериальной оптимизации сводится к использованию в разных сочетаниях 5 указанных систем групп.

**Пример 1. Принцип Нэша.** ПСВ-ф отвечающий аксиомам A1, A5, A2 относительно  $D(M, M)$  и A3 относительно  $\text{Add}(M, 1)$  определяет отношения:

$$\Psi_N(S, T) = \{(x, y) \in \text{Re}^M : x_i = \lambda_i(1+a), \quad i \in S; \quad x_i = \lambda_i a \quad i \notin S; \quad y_i = \lambda_i(1+a), \quad i \in T; \quad y_i = \lambda_i a \quad i \notin T\}.$$

Применительно к положительному ортанту  $\text{Re}_+^M$  указанную запись можно упростить:

$$\Psi_N(S, T) = \{(x, y) \in \text{Re}_+^M : x_i = y_i \quad i \notin T \Delta S; \quad x_i = \omega y_i \quad i \in S \setminus T; \quad y_i = \omega x_i \quad i \in T \setminus S \quad \omega > 1\},$$

где  $T \Delta S = \{S \cup T \setminus S \cap T\}$ .

Своим названием данный принцип обязан тому свойству, что в случае равноценности всех критериев, и их значимости, т. е. при системе высказываний

$$R^* = \{(i, \emptyset), \quad \forall i = 1:m; \quad (i, j)_{i, j \in M}\}.$$

Легко понять, что при транзитивном замыкании заданного отношения  $R^*$  мы получаем  $(x, y) \in \Psi_M(R^*) \prod_{i=1:m} x_i > \prod_{i=1:m} y_i$ , что как раз и предполагается арбитражной схемой Нэша [4, 6].

**Пример 2. Максиминный принцип.** ПСВ-ф отвечающий аксиомам A1, A5, A2 относительно  $\text{Add}(M, 1)$  и A3 относительно  $D(M, M)$  определяет отношения:

$$\Psi_M(S, T) = \{(x, y) \in \text{Re}^M : x_i = \lambda_i + a, \quad i \in S; \quad x_i = a \quad i \notin S; \quad y_i = \lambda_i + a, \quad i \in T; \quad y_i = a \quad i \notin T \quad \lambda_i > 0\}$$

или

$$\Psi_M(S, T) = \{(x, y) \in \text{Re}^M : x_i = y_i = a, \quad i \notin S \cup T; \quad x_i = y_i > a \quad i \in S \cap T \quad x_i > a \quad i \in S \setminus T; \quad y_i > a \quad i \in T \setminus S\}.$$

Своим названием данный принцип обязан обеспечению реализации принципа максимина для следующей системы высказываний о важности:

$$R^* = \{(S, \emptyset), \quad \forall S \in 2^M, S \neq \emptyset; \quad u \quad (\emptyset, S), \quad \forall S \in 2^M, S \neq M = \{1:m\}\}.$$

Данная система высказываний означает, что требуется максимизировать значения по всем критериям одновременно, а максимизация решения

только по их части не даст желаемого результата. ПСВ для системы высказываний  $R^*$  формируется как раз по правилу минимакса:

$$\Psi_M(R^*) = \{(x, y) \in \text{Re}^M : \min_{i \in M} (x_i) > \min_{i \in M} (y_i)\}.$$

Интересными оказываются отношения на множестве критериев являются отношения и порожденные системой высказываний:

$$R^{**} = \{(M, S), \quad \forall S \in 2^M, S \neq M; \quad \text{и} \quad (S, M), \quad \forall S \in 2^M, S \neq \emptyset\}.$$

Данная система высказываний означает, что улучшение состояния по любой коалиции критериев столь же предпочтительно, как и оптимизация по всем критериям одновременно. ПСВ, соответствующей системе высказываний  $R^{**}$ , определяется правилом:

$$\Psi_M(R^{**}) = \{(x, y) \in \text{Re}^M : \text{если} \quad x_i > y_i \quad \forall i \notin M\}.$$

**Пример 3. Обобщенный лексикографический принцип.** ПСВ-ф отвечающий аксиомам A1, A5, A2 относительно  $\text{Add}(M, 1)$  и  $D(M, M)$  определяет отношения:

$$\Psi_L(S, T) = \{(x, y) \in \text{Re}^M : x_i = \lambda_i + a_i, \quad i \in S; \quad x_i = a_i \quad i \notin S; \quad y_i = \lambda_i + a_i, \quad i \in T; \quad y_i = a_i \quad i \notin T \quad \lambda_i > 0\}$$

или

$$\Psi_L(S, T) = \{(x, y) \in \text{Re}^M : x_i = y_i, \quad i \notin S \Delta T; \quad x_i > y_i \quad i \in S \setminus T; \quad y_i > x_i \quad i \in T \setminus S\}.$$

Своим названием данный принцип обязан обеспечению лексикографического упорядочения для следующей системы высказываний о важности:

$$R^* = \{(i, \emptyset), \quad \forall i = 1: m; \quad \text{и} \quad \{(i, j)\}_{i < j}, \quad i, j \in M = \{1: m\}\}.$$

Данная система высказываний означает, что максимизация критериев, имеющих меньший номер, более значима, чем максимизация по критериям, у которых номер оказывается большим. ПСВ для системы высказываний  $R^*$  формируется как раз по правилу лексикографического максимума, т. е.:

$$\Psi_L(R^*) = \{(x, y) \in \text{Re}^M : \exists \quad i_0 / x_i = y_i, \quad \text{если} \quad i < i_0 \quad \text{и} \quad x_{i_0} > y_{i_0}\}.$$

Строгое векторное отношение  $>$  формируется данным ПСВ исходя из системы высказываний, состоящей только из одного требования  $R^{**} = (M, \emptyset)$ .

**Пример 4. Обобщенный принцип Акофа.** ПСВ-ф отвечающий аксиомам A1, A5, A2 относительно  $D(M, 1)$  A3 относительно  $\text{Add}(M, M)$  определяет отношения:

$$\Psi_A(S, T) = \{(x, y) \in \text{Re}^M : x_i = \lambda + a_i, \quad i \in S; \quad x_i = a_i \quad i \notin S; \quad y_i = \lambda + a_i, \quad i \in T; \quad y_i = a_i \quad i \notin T \quad \lambda > 0\}$$

или

$$\Psi_A(S, T) = \{(x, y) \in \text{Re}^M : \exists \lambda > 0 : x_i = y_i, \quad i \notin S \Delta T; \quad x_i - y_i > y_j - x_j = \lambda \quad i \in S \setminus T, \quad j \in T \setminus S\}.$$

Своим названием данный принцип обязан тому, что верхнее сечение отношения  $\Psi_A^+(R, y)$  в точке  $y$  (т. е. множество всех векторов более предпочтительных чем  $y$ ) представляет собой линейный гиперконус, опорные гиперплоскости к которому  $(\sum \alpha_i x_i)$  имеют коэффициенты  $\alpha_i$ , принадлежащие множеству:

$$A(R) = \left\{ \sum_{i \in S} \alpha_i > \sum_{i \in T} \alpha_i, \quad (S, T) \in R \setminus R^{-1}; \sum_{i \in S} \alpha_i = \sum_{i \in T} \alpha_i; \quad (S, T) \in R \cap R^{-1} \right\}.$$

В случае, если эту систему линейных уравнений и неравенств  $A(R)$  дополнить нормировочным условием  $-\sum_{i \in M} \alpha_i = 1$ , получаем нормальную систему коэффициентов важности критериев, предложенную Акофом [1] для поиска решений МКЗ с помощью линейных сверток, построенных на основе использования информации о важности критериев.

**Пример 5. Принцип Подиновского.** ПСВ-ф отвечающий аксиомам A1, A5, A2 относительно  $D(M, 1)$  и  $Add(M, 1)$ , а также A3 относительно  $\{Add(M, M \setminus S)\}_{S \in 2^M}$  определяет отношения:

$$\Psi_p(S, T) = \{(x, y) \in \text{Re}^M : x_i = \lambda + a, i \in S; x_i = y_j = a, i \in T \setminus S, j \in T \setminus S; y_i = \lambda + a, i \in T; \\ x_i = y_i = b_i, i \notin T \cup S \quad \lambda > 0\}$$

или

$$\Psi_p(S, T) = \{(x, y) \in \text{Re}^M : x_i = y = c, \quad i \in S, \quad j \in T; \quad x_i = y_j = a \quad i \in S \setminus T; \quad j \in T \setminus S; \quad x_i = y_i, \quad i \notin S \cup T; \quad c > a\}.$$

Своим названием данный принцип обязан тому, что обобщает предложение В. В. Подиновского [2, 5] о переносе отношений важности на коалициях критериев на отношения в критериальном пространстве  $\text{Re}^M$ .

#### Список используемых источников

1. Акоф Р., Сасиени М. Основы исследования операций. М.: Мир, 1971. 536 с.
2. Балдин К. В., Воробьев С. Н. Управленческие решения: теория и технологии принятия: учебник для вузов. М.: Проект, 2004. 304 с.
3. Гафт М. Г., Подиновский В. В. О построении решающих правил в задачах принятия решений // Автоматика и телемеханика. 1981. № 6. С. 128–138.
4. Кузютин Д. В. Арбитражные решения в задачах выбора: методические указания. СПб.: Изд-во СПбГУ, 1995. 92 с.
5. Нелюбин А. П., Подиновский В. В. Аналитические решающие правила для упорядоченных по важности критериев со шкалой первой порядковой метрики общего вида // Автоматика и телемеханика. 2014. № 9. С. 97–107.
6. Nash J. F. Non-cooperative games // Annals of Mathematics. 1951. Vol. 54. N 2. pp. 286–295.

УДК 004.89

## МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ АНАЛИЗА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ

Д. К. Гаврилов, Л. П. Козлова

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*В настоящее время большое распространение получила сфера валютных рынков и бинарных опционов. Отличительной особенностью данной области является достаточно большое количество факторов, которые необходимо учитывать для получения успешного результата. Использование нейронной сети позволит осуществить прием нескольких потоков информации, обработать их и получить единый конечный результат. Разработанная нейронная сеть обучена для корректировки результатов с учетом опыта прошлых расчетов.*

*нейронные сети, регрессионный анализ, фондовые рынки, машинное обучение.*

Предсказание цен на валютных рынках всегда привлекало как инвесторов, так и исследователей. При этом технический анализ, которым привыкли пользоваться большинство участников рынка, не эффективен, так как не дает ощутимый результат. Метод машинного обучения – один из самых популярных из-за способности определения ключевых значений из огромного объема данных, который включает основные изменения цен на акции [2].

Согласно теории эффективного рынка, фондовый рынок США является рынком средней эффективности [1], т. е. вся публичная информация используется для расчета стоимости акций компании, а это, в свою очередь, означает, что ни фундаментальный, ни технический анализ не может быть использован для достижения выгоды в краткосрочной перспективе. Как и ожидалось, предсказание краткосрочного типа имеет очень низкую точность, не более 50 %. Однако, при изменении типа на долгосрочный, точность модели повышается до 80 %. На основе результатов прогнозирования создана торговая стратегия, достаточно мощная для работы с фондовым рынком.

Экспериментальные данные, используемые для разрабатываемой нейронной сети, собраны из базы данных Bloomberg. Они содержат информацию об акциях на каждый день с 9 января 2011 г. по 8 ноября 2016 г. (суммарно 1471 объектов данных), включая 16 особенностей. Дополнительно используется каждодневная маркировка: если цена закрытия акции выше,

чем в предыдущий день, то ставится маркер «1», в противном случае – маркер «-1». К примеру, если цена закрытия акции A11.11.2016 была выше чем 10.11.2016 и параметры 10.11.2016 известны как  $(X_1, X_2, X_3, \dots, X_{15})$ , то тренировочные данные  $A = (X, Y)$ , где  $X = (X_1, X_2, X_3, \dots, X_{15})$ ,  $Y = (+1)$ .

Проведем сравнительный анализ двух моделей: кратковременной и долгосрочной.

Для реализации краткосрочной модели (модель «следующего дня») используются теории обучения с учителем, такие как логистическая регрессия, распределение Гаусса (GDA), квадратичный дискриминантный анализ (QDA) и метод опорных векторов (SVM). Очень важно тщательно определять точность предсказания, которая рассчитывается как отношение «количества дней, когда модель правильно классифицировала тестовые данные» и «общее количество дней тестирования».

В результате тестирования (табл. 1) выясняется, что данная модель имеет вероятность предсказания 58,3 % (GDA), что не является действительным.

ТАБЛИЦА 1. Тестирование краткосрочной модели

Модель	Логистическая регрессия	GDA	QDA	SVM
Точность, %	44,5	45,3	58,3	54,9

При построении модели следует учитывать, с одной стороны, существование такой особенности как «настроение рынка», действие которой не сразу проявляется на фондовом рынке, с другой стороны, стоит озаботиться результатами предсказаний в долгосрочной перспективе. Учитывая вышеприведенные данные, построим долгосрочную модель (рис. 1).

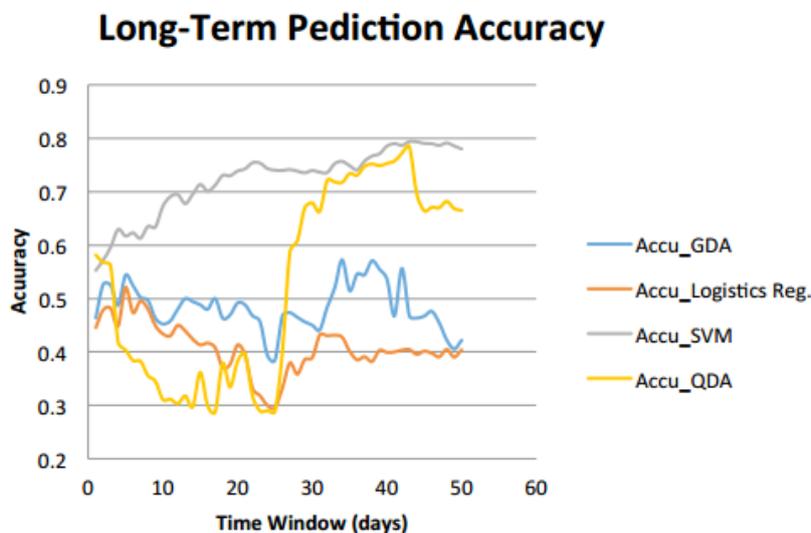


Рис. 1 Сравнение точности различных методов

Из графика видно, что эффективность методов опорных векторов (SVN) и квадратичного дискриминантного анализа (QDA) возрастает с увеличением временного окна. Более того, метод опорных векторов является наиболее стабильной моделью и дает наибольший показатель точности, когда временное окно равно 44 дням (79,3 %). При этом наибольший показатель точности предсказаний, достигается использованием всех 16 особенностей.

Проиллюстрируем на примере использование разработанной модели. Для этого определим торговую стратегию, формируя базу модели выборкой 990 объектов из 1 470. Затем модель выполняет предсказание стоковой цены и, принимая во внимание, что для каждой новой даты будут добавляться новые данные, делает выбор действия. В тестировании стратегии задействован период с декабря 2014 г. по октябрь 2016 г.

В начале каждого первого дня, в рамках 44 дней, выбирается решение о покупке, которое базируется на предполагаемом состоянии стоковой цены через 44 дня. По истечении первых 44 дней решение принимается каждый день. Для более наглядного представления дерева решений построим схему (рис. 2), параметры торговой стратегии с использованием SVM в качестве метода предсказания представим в виде таблицы 2.



Рис. 2. Дерево принятия решений

ТАБЛИЦА 2. Параметры торговой стратегии с использованием SVM в качестве метода

Метод предсказания	Метод опорных векторов
Ядро	Полиномиальное
Количество особенностей	16
Временное окно	44 дня

Таким образом, в проведенном анализе выявлено, что наилучшим методом для предсказаний является метод опорных векторов.

#### Список используемых источников

1. Ливермор Д. Торговля акциями. Классическая формула тайминга, управления капиталом и эмоциями. СПб. : Питер, 2009. 53 с. ISBN 978-5-388-00321-8, ISBN 0-07-146979-6.
2. Hastie, T., Tibishirani, R., Friedman, J. The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction. Second Edition (corrected 5th printing). Springer, 2009. 763 p.

УДК 004.896

## РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА НАВИГАЦИИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ РОБОТОТЕХНИКИ

П. А. Ганин<sup>1</sup>, О. А. Михалев<sup>1</sup>, Ю. Д. Новак<sup>1</sup>, М. И. Петренко<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Военная академия связи имени Маршала Советского союза С. М. Буденного

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет  
информационных технологий, механики и оптики

*В статье рассматривается задача навигации в области робототехники на основе методов SLAM (синхронного определения местоположения и составления карты по стереоизображению в режиме реального времени). Для решения задачи SLAM для мобильного робота выбрана система ROS. Описаны существующие и современные методы и подходы к решению задачи SLAM, а также приведены результаты работы данных методов на мобильном роботе. Приведено описание разработанной робототехнической системы для решения задачи навигации и построения маршрутной карты. Описаны достоинства, недостатки алгоритма, а также направление дальнейшего исследования.*

*навигация робота в пространстве, построение маршрутной карты, SLAM.*

Мобильные автономные робототехнические системы в настоящее время являются весьма обширной областью робототехники. Основным направлением исследований при разработке таких систем было и остаётся позиционирование робота в пространстве. Возможность навигации в реальной среде – базовое требование к автономному мобильному и военному роботу. Данную задачу можно разделить на две составляющих: построение карты и локализация робота на местности.

Первая задача заключается в построении карты окружающего пространства, т. е. роботу необходимо известным ему способом отметить разного рода объекты, препятствия и метки, которые он может распознать и занести всю информацию в некоторое хранилище, которое впоследствии будет использовано для решения роботом его непосредственных задач. Определение своего местоположения робот может выполнять как на основании априорно имеющейся карты пространства (местности), так и на основании своих наблюдений. Область знаний, описывающая методы решения данной задачи, получила название SLAM (*Simultaneous Localization And Mapping*) [1].

Раньше решения данной задачи были трудоемкими и дорогими, использовались специальные методы: точное машиностроение, высокоточные сенсоры, калибровочные точки. Альтернативой является применение нескольких перекрывающихся сенсоров меньшего разрешения и совмещение пространственной информации от датчиков для получения более точных результатов. Например, возможно совместное использование лазерного дальномера, видео камеры и информации о повороте и скорости вращения колес для автономного робота.

В настоящее время методы решения задачи SLAM быстро развиваются. Это обусловлено увеличением производительности вычислительных машин, улучшением качества датчиков и появлением новых, а также развитием робототехники. Задача SLAM является очень важной, так как без ее решения весьма затруднительно создание по-настоящему автономного робота. На данный момент существует несколько основных подходов к решению этой задачи: EKF-SLAM, FastSLAM, DP-SLAM и другие [1].

При всем многообразии применяемых в задаче синхронного определения местоположения и построения карт местности, можно выделить некоторую классическую, общую схему работы алгоритма, приведенную на рис. 1 [2].

На каждом шаге алгоритма на вход подаются данные от сенсоров. По этим данным в пространстве находятся ориентиры и определяются их описания, необходимые для поиска соответствий. В процессе работы строится структура, которая хранит ориентиры и их описания. При поиске соответствий для каждого обнаруженного ориентира ищется соответствие в этой

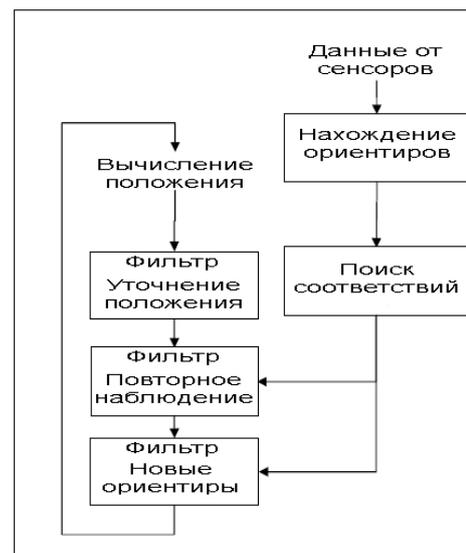


Рис. 1. Классическая схема алгоритма SLAM

структуре. Если соответствие не найдено, то ориентир добавляется в структуру. Если же было обнаружено соответствие, то ориентир используется для вычисления положения.

После вычисления положения применяется рекурсивный фильтр для снижения уровня шума в вычисленном положении (уточнение положения). Затем, для обнаруженных ориентиров, у которых нашлись соответствия, выполняется уточнение их положения с помощью рекурсивного фильтра.

Для решения задачи навигации и построения маршрутной карты для мобильного робота была выбрана система ROS (*Robot Operating System*) [3] с целью упрощения разработки программного обеспечения для робототехнических систем. На данный момент система ROS работает под управлением операционной системы Ubuntu, однако существуют экспериментальные версии для Fedora, ArchLinux и MacOSX.

Также стоит отметить, что ROS поддерживает параллельные вычисления, а также взаимодействует с различными библиотеками, такими как Qt и OpenCV [4]. Кроме того, данная система поддерживается на одноплатных компьютерах RaspberryPi [5], а также на платах Arduino [6].

В рамках ROS, реализовано несколько алгоритмов SLAM: GMapping – реализация метода SLAM на основе данных от лазерного дальнометра и одометрии робота; VSLAM – визуальный SLAM – реализация метода SLAM на основе методов компьютерного зрения; другие реализации задачи SLAM в системе ROS приведены в [7].

На рис. 2 представлен макет робототехнической платформы на колесном ходу, на которой проводились исследования методов SLAM и компьютерного зрения.

Периферия и компоненты робототехнической системы, которые использовались для решения задачи навигации и построения карты, представлены на рис. 3. В качестве управляющего контроллера робота выбрана плата Arduino MEGA, которая осуществляет управление двигателями и обработку информации, получаемых с сенсоров Холла, используемых для вычисления одометрии робота.



Рис. 2. Макет мобильного робота для исследования методов SLAM

Для исследования алгоритмов машинного зрения и методов SLAM выбран сенсор Kinect, имеющий ряд преимуществ по сравнению с обычными камерами: наличие лазерного дальномера и камеры глубины, что позволяет использовать алгоритмы построения облака точек по стереоизображению для получения карты глубины.

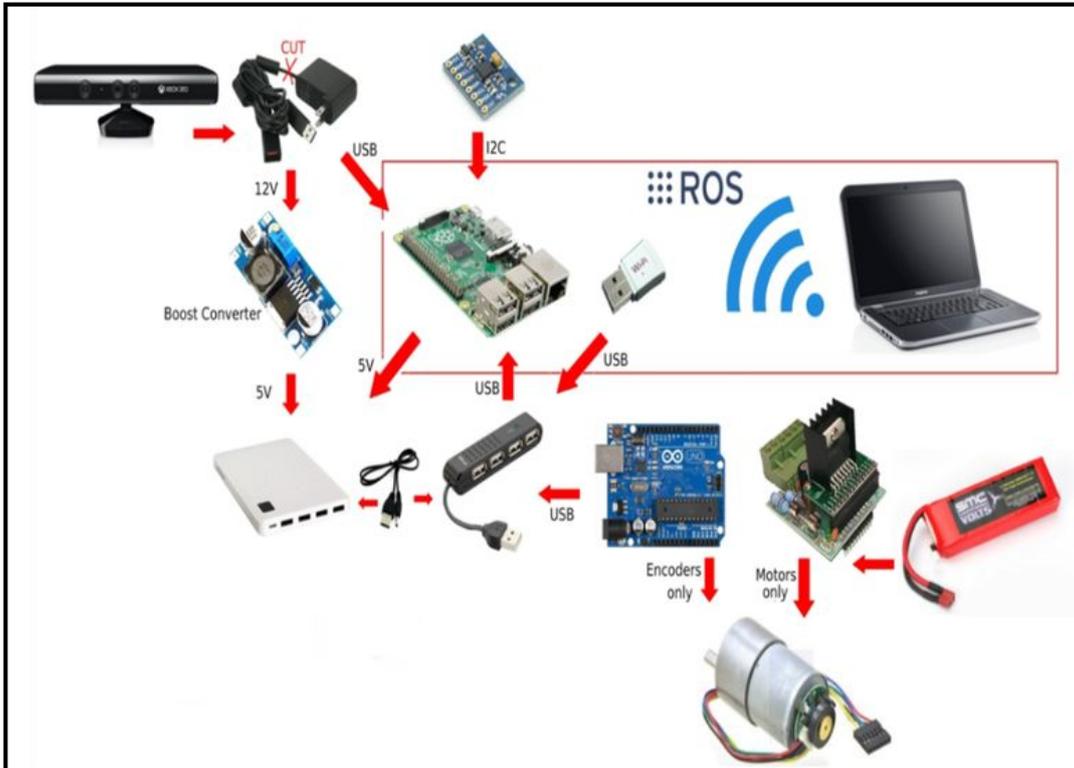


Рис. 3. Компоненты разработанной робототехнической системы

Примеры работы методов SLAM показаны на рис. 4 и 5.

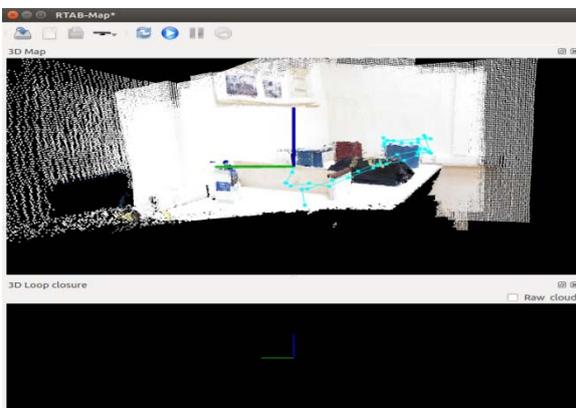


Рис. 4. Реализация метода построения карты глубины в системе ROS

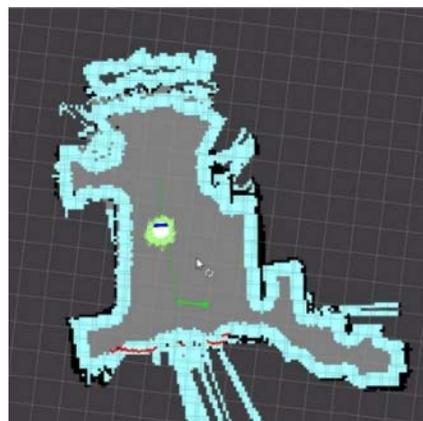


Рис. 5. Пример работы метода GMapping с методом amcl в системе ROS

На рис. 4 представлен пример реализации метода построения карты глубины в системе ROS с использованием пакета Rtabmap. Голубой линией показана траектория, по которой двигался робот при съемке маршрутной карты.

Карта в ROS (рис. 5) представляет собой файл изображения в формате PGM, где каждый пиксель может быть белым (пространство свободно), черным (пространство занято препятствием), серым (пространство еще не исследовано роботом).

Алгоритм узла *amcl* (*Adaptive Monte Carlo Localization*) работает с уже готовой картой, например, созданной с помощью пакета *gmapping*. Этот алгоритм предназначен для вероятностного определения местоположения робота на основе метода Монте-Карло и фильтра частиц (*particlefilter*). В качестве исходных данных в узле *amcl* используются сенсорные данные лазерного дальномера и одометрии.

Существуют две главные проблемы, которые возникают при решении задачи SLAM. Первая из них – проблема сходимости. Она напрямую связана с точностью вычислений. Любые датчики и системы одометрии имеют определённую модель ошибки. Кроме этого, еще одной проблемой является то, что задача SLAM чаще всего ставится перед мобильными роботами, для которых вопрос потребления электроэнергии является первостепенным, следовательно, в целях энергосбережения разработчики мобильных роботов вынуждены ограничивать вычислительные мощности используемых аппаратных платформ.

Направлением дальнейших исследований является разработка комбинированного метода навигации на основе методов компьютерного зрения и метода SLAM на основе лазерного дальномера.

#### Список используемых источников

1. Riisgaard, S., Blas, M. R. SLAM for Dummies. 2012, P. 3.
2. Guido Zunino Autonomous Domestic Navigation. Simultaneous Localization and Mapping for Navigation in Realistic Environments. 2010. P. 28. ISBN 978-3-639-14389-8.
3. ROS. URL: <http://www.ros.org/> (дата обращения 10.01.2017).
4. OpenCV. URL: <http://opencv.org/> (дата обращения 10.01.2017).
5. RaspberryPi. URL: <https://www.raspberrypi.org/> (дата обращения 10.01.2017).
6. Arduino. URL: <https://www.arduino.cc/> (дата обращения 10.01.2017).
7. Engelhard, N., Endres, F., Hess, J. and Sturm, J. and Burgard, W., Real-time 3D visual SLAM with a hand-held RGB-D camera // in RGB-D Workshop on 3D Perception in Robotics at the European Robotics Forum, 2011. P. 4.

УДК 004.522

## РАЗРАБОТКА ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ПРИМЕНЕНИЮ КОМБИНИРОВАННОГО ПОДХОДА В ОРГАНИЗАЦИИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РОБОТИЗИРОВАННЫХ ПЛАТФОРМ

П. А. Ганин<sup>1</sup>, О. А. Михалев<sup>1</sup>, Ю. Д. Новак<sup>1</sup>, М. И. Петренко<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Военная академия связи имени Маршала Советского союза С. М. Буденного

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет  
информационных технологий, механики и оптики

*В статье рассматривается задача разработки предложения по применению комбинированного подхода в организации функционирования системы управления роботизированных платформ. Рассмотрены существующие и современные методы и подходы к решению задачи распознавания речи пример работы данных алгоритмов. Описаны достоинства, недостатки алгоритма, а также направление дальнейшего исследования.*

*распознавание речи, фонема, библиотека с открытым исходным кодом, РТК, робототехнический комплекс, ПАК, программно-аппаратный комплекс.*

Разработка надежного комбинированного управления техникой – очень важная задача, которую ставят перед собой множество ведущих институтов и компаний во всем мире. В ситуациях, когда необходимы быстро и четко действовать, возникает необходимость альтернативного способа управления, чтобы обеспечить не только целостность используемой техники, но и безопасность самих операторов и других военнослужащих, находящихся вокруг. Такими факторами могут быть:

- непредвиденные чрезвычайные ситуации;
- внезапное нападение противника;
- неблагоприятная для человека среда;
- занятость оператора робототехнического комплекса;
- находится в условиях наблюдения сразу за несколькими объектами.

Для снижения рисков предлагается рассмотреть возможность применения алгоритмов распознавания на основе программного обеспечения с открытым исходным кодом.

Примером такого ПО является CMU Sphinx [1] – это крупнейший проект по распознаванию речи, разрабатываемый и реализуемый в рамках свободного программного обеспечения с открытым исходным кодом для кроссплатформенных решений. В инструментарий входит

Rocketsphinx – небольшая библиотека, которая принимает на вход произвольные акустические модели, грамматики и словари, а также звуковой поток (либо звуковой файл, либо сам берет поток с микрофона). На выходе получается распознанный текст. Написана на языке С.

Перед тем как рассматривать структуру построения алгоритма распознавания речи в составе комплекса РТК, предлагается краткое описание человеческой речи.

Начнём с того, что наша речь – это последовательность звуков. Звук в свою очередь – это суперпозиция (наложение) звуковых колебаний (волн) различных частот. Волна же, как нам известно, из физики, характеризуется двумя атрибутами – амплитудой и частотой, как показано на рис. 1.

Для того, чтобы сохранить звуковой сигнал на цифровом носителе, его необходимо разбить на множество промежутков и взять некоторое «усредненное» значение на каждом из них как показано на рис. 2.

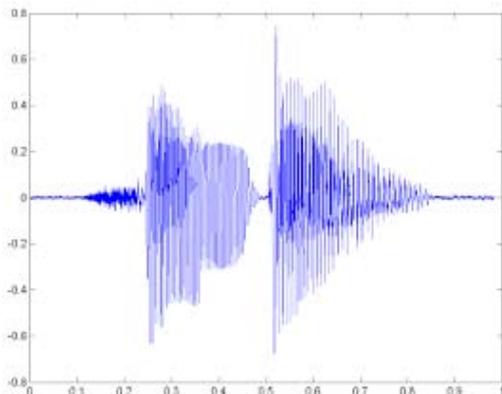


Рис. 1. АЧХ аналогового сигнала

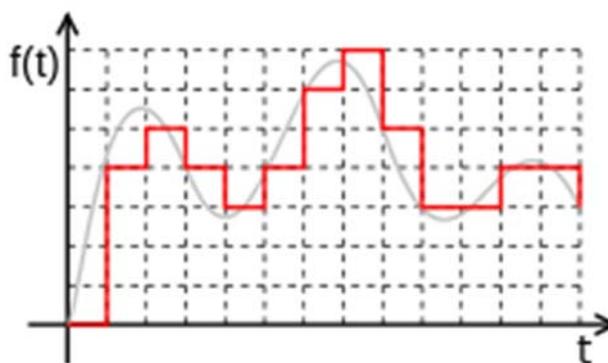


Рис. 2. Цифровой сигнал

Таким вот образом механические колебания превращаются в набор чисел, пригодный для обработки на современных ЭВМ.

Отсюда следует, что задача распознавания речи сводится к «сопоставлению» множества численных значений (цифрового сигнала) и слов из словаря русского языка. Однако для корректной, и что самое главное быстрой работы ПАК, не рекомендуется в процессе работы использовать словарь с большим количеством слов т. к. оператор РТК использует заведомо формализованные предложения, и команды, то и предлагается ограничиться заранее составленным словарем на русском языке с профессиональными командами и словами.

На основе сказанного выше, предлагаются следующая макетная разработка РТК с алгоритмом распознавания речи:

1. Установка на ЭВМ макета РТК программного пакета: операционная система Linux «Ubuntu» [2], конфигурация ROS (робототехническая операционная система описание предложено ниже), программный пакет CMUSphinx с монтированной библиотекой Pocketsphinx;

Схема построения программного пакета представлена на рис. 3.



Рис. 3. Схема построения программного пакета

ROS (*Robot Operating System*) [3] – Операционная система для роботов – это рабочая среда для программирования роботов, предоставляющая функциональность для распределённой работы. ROS (*Robot Operating System*) обеспечит разработку библиотеками и инструментами, а также аппаратную абстракцию, драйверы устройств, визуализаторы, обмен сообщениями, менеджеры пакетов и многое другое. ROS выпускается в соответствии с условиями BSD лицензии (программная лицензия университета Беркли) и с открытым исходным кодом.

2. Аппаратную часть макета предлагается реализовать интеграции операционной систему Линукс "Ubuntu" со всем установленным программным обеспечением в одноплатный компьютер «RaspberryPi 3» рис. 4.



Рис. 4. Одноплатный компьютер RaspberryPi 3

Показанный ниже план разработки макетного РТК, позволяет отработать на нем большинство возможных способов применения. А также выявить большую часть недостатков и «подводных камней» на этапе проектирования и испытаний, до создания опытного образца РТК в составе комплекса управления этим РТК. Пример

построения опытного комплекса показан на рис. 5.

Таким образом, выделяются следующие преимущества данной разработки:

- комбинированное управление;
- использование минимального количества специализированной приемо-передающей радиоаппаратуры;
- простота эксплуатации системы;
- возможность использования в ЧС.

Недостатком данной разработки хочется выделить:

- ограниченный словарный запас ПО;
- низкая помехоустойчивость при передаче команд в УКВ диапазоне через носимые радиостанции.

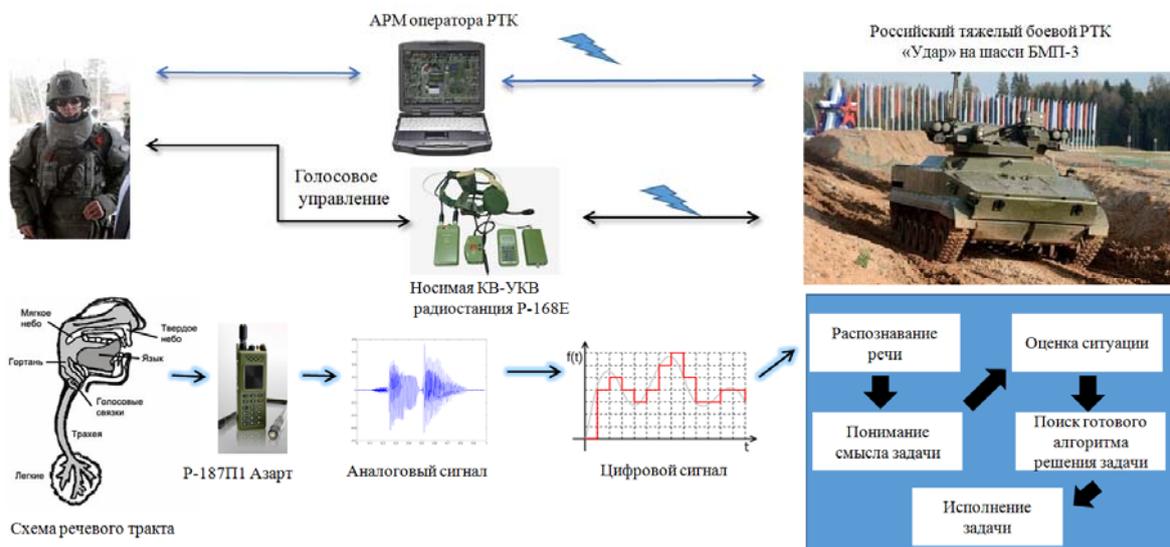


Рис. 5. Комплекс управления РТК

Дальнейшим развитием данной разработки, предлагается использование, в программном обеспечении, возможности машинного обучения на основе нейронных сетей. Таким образом, ПО РТК будет не программироваться в привычном смысле этого слова, а обучаться, что позволит отказаться от заранее хранимого словарного запаса, а также повысить крипто и помехоустойчивость, а также сделать РТК максимально автономным.

#### Список используемых источников

1. Chan, Arthur, Gouvea, Evandro. The Hieroglyphs: Building Speech Applications Using CMU Sphinx and Related Resources, 2007.
2. Keir Thomas Ubuntu Pocket Guide and Reference, 2015.
3. Anis Koubaa Robot Operating System (ROS), 2016.

УДК 004.021

## РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМА ОБНАРУЖЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА НА ИЗОБРАЖЕНИИ НА ОСНОВЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ХАФА

П. А. Ганин<sup>1</sup>, О. А. Михалев<sup>1</sup>, М. И. Петренко<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Военная академия связи имени Маршала Советского союза С. М. Буденного

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет  
информационных технологий, механики и оптики

*В статье рассматривается задача обнаружения объектов на основе преобразования Хафа и его экспериментальное исследование. В качестве объекта исследования взят стыковочный узел международной космической станции. Приведен разработанный алгоритм поиска стыковочного узла с использованием встроенных функций среды разработки MATLAB и приложения Image Processing Toolbox. Описаны достоинства, недостатки алгоритма, а также направление дальнейшего исследования.*

*обнаружение объектов, преобразование Хафа, стыковочный узел МКС.*

На сегодняшний день существуют различные методы обнаружения объектов на цифровом изображении: TLD (*Tracking-Learning-Detection*) – алгоритм обнаружения и сопровождения объектов [1], метод Виолы-Джонса [2] и другие. Однако методы обнаружения объектов, имеющие высокие показатели надежности и устойчивости, требуют значительных временных и машинных ресурсов для обучения на новых объектах.

Результатом работы алгоритма обнаружения объектов считается формирование геометрического описания области на изображении, относящихся к искомому объекту. Несмотря на достигнутые успехи в решении отдельных задач, проблема все еще остается актуальной. Конкретные алгоритмы существенно зависят как от цели обнаружения малоразмерных объектов, так и от ограничений на содержание сцены [3].

Задачей и целью работы является разработка метода обнаружения стыковочного узла международной космической станции (МКС) на основе преобразования Хафа и его экспериментальное исследование.

Идея преобразования Хафа состоит в поиске кривых, которые проходят через достаточное количество точек интереса. Семейство кривых на плоскости задается параметрическим уравнением (1):

$$F(a_1, a_1, \dots, a_n, x, y) = 0, \quad (1)$$

где  $F(\cdot)$  – некоторая функция;  $a_1, a_2, \dots, a_n$  – параметры семейства кривых;  $(x, y)$  – координаты на плоскости.

Параметры семейства кривых образуют фазовое пространство, каждая точка которого (конкретные значения параметров  $a_1, a_2, \dots, a_n$ ) соответствует некоторой кривой. Ввиду дискретности машинного представления и входных данных (изображения), требуется перевести непрерывное фазовое пространство в дискретное пространство. Каждой ячейке фазового пространства можно поставить в соответствие число (счетчик), указывающее количество точек интереса на изображении, принадлежащих хотя бы одной из кривых, соответствующих данной ячейке. Анализ счетчиков ячеек позволяет найти на изображении кривые, на которых лежит наибольшее количество точек интереса.

В данной работе будет применено преобразование Хафа для поиска окружностей. Геометрическое место точек окружности можно представить в виде формулы (2):

$$(x-a)^2 + (y-b)^2 = R^2, \quad (2)$$

где  $(a, b)$  – координаты центра окружности;  $(x, y)$  – координаты точки на окружности;  $R$  – ее радиус.

Формула, задающая семейство окружностей, имеет вид (3):

$$F(a, b, R, x, y) = (x-a)^2 + (y-b)^2 - R^2. \quad (3)$$

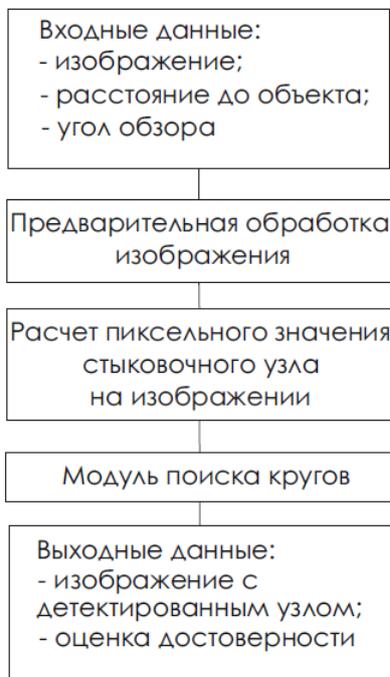


Рис. 1. Структура алгоритма обнаружения стыковочного узла на основе преобразования Хафа

В данной работе, для более точного обнаружения, стыковочный узел будет описываться окружностью заданного радиуса, задаваемого в пикселях.

Разработанная компьютерная модель включает в себя модуль поиска кругов с использованием встроенных функций среды разработки MATLAB и приложения Image Processing Toolbox, который подробно описан в [5]. На рис. 1 представлена блок-схема основных этапов алгоритма.

Исходными данными являются последовательность кадров процесса стыковки, заданные расстояния до объекта и угол обзора камеры. Поскольку для работы алгоритма необходимо задание радиуса искомого объекта в пикселях, идет расчет пиксельного размера стыковочного узла на изображении на основе заданных значений расстояний и угла обзора.

Кроме этого, необходимо выполнить предварительную обработку изображения. В данной работе было применено преобразование в полутоновое изображение для лучшего обнаружения стыковочного узла.

Далее выполняется детектирование кругов. Для лучшего обнаружения стыковочного узла поиск кругов применялся несколько раз для разных радиусов, соответствующих различным конструктивным элементам стыковочного узла.

На рис. 2 представлен пример работы разработанного алгоритма.

Синим и красным цветом обозначена область большего и меньшего радиуса для обнаружения стыковочного узла. Для лучшего детектирования стыковочного узла поиск кругов выполнялся два раза: для большего и меньшего радиуса соответственно. Условием обнаружения объекта является одновременное нахождение двух вложенных кругов.



Рис. 2. Результат работы алгоритма

В таблице 1 приведены результаты работы алгоритма на трех разных роликах процесса стыковки. Оценка надежности рассчитывалась как отношение результата обнаружения на  $i$ -м кадре (объект обнаружен или нет) к общему числу кадров в данной последовательности.

ТАБЛИЦА 1. Результаты работы алгоритма на трех роликах

№ ролика	Погрешность
1	0,7118
2	0,7433
3	0,6921

Достоинством метода обнаружения объектов на основе преобразования Хафа является высокая пиксельная точность обнаружения стыковочного узла. Прежде всего, это объясняется тем, что в прямоугольную рамку, которая используется, к примеру, в четырехкаскадном детекторе [1], попадают лишние объекты, в то время как метод Хафа точно описывает стыковочный узел.

Недостатком метода является необходимость тонкой настройки параметров функции поиска кругов на последовательности кадров. Для точного определения стыковочного узла необходима определенная подборка таких

параметров, как коэффициент чувствительности (*Sensitivity*), коэффициент детектора краев (*Edge Threshold*), для каждой видеопоследовательности.

В связи с этим, направлением дальнейших исследований является разработка алгоритма настройки параметров для модуля обнаружения объектов на основе преобразования Хафа и обучение этого алгоритма.

#### Список используемых источников

1. Georg Nebehay. Robust Object Tracking Based on Tracking-Learning-Detection // Vienna Science and Technology Fund, 2012. 2 p.
2. Viola, Jones. Robust Real-time Object Detection. IJCV. 2001. 7 p.
3. Форсайт Д., Понс Ж. Компьютерное зрение. Современный подход: пер. с англ. М. : Вильямс, 2004. 15 с.
4. Duda R. O., Hart P. E. Use of the Hough Transformation to Detect Lines and Curves in Pictures // Comm. ACM. 1972. Vol. 15. PP. 11–12.
5. Image Processing Toolbox. URL: <http://www.mathworks.com/products/image/> (дата обращения 10.01.2017).

УДК 621.395

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КАНАЛОВ СВЯЗИ НА «ПОСЛЕДНЕЙ МИЛЕ СЕРВЕРА» ПРИ АСИММЕТРИЧНОМ ТРАФИКЕ

**И. В. Гвоздков, Ю. Ф. Кожанов**

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*Трафик в IP-сети на участке пользователи–сервер характеризуется сильной асимметрией. В то же время на этом участке обычно используется симметричное распределение каналов. Перераспределение каналов в соответствии с трафиком позволяет значительно улучшить качество обслуживания.*

*маршрутизатор, асимметричный трафик, сервер, функция распределения, вероятность.*

Условно трафик в IP-сетях можно разделить на симметричный и асимметричный. К первым относятся голосовые соединения (VoIP), ко вторым – все остальные.

Асимметричность обмена данными происходит по очень простой причине. Компьютер подключается к сети не только для обмена данными с дру-

гим таким же компьютером, а для того, чтобы использовать информационные ресурсы сети, превращаясь в потребителя информации. Пользователь компьютера посылает простые короткие запросы, а сервер возвращает ему большой объем данных. Обмен информацией становится сильно асимметричным.

Статистические данные [1] показывают, что

- 1) UDP-трафик на порядок меньше TCP-трафика;
- 2) UDP-трафик в целом симметричен;
- 3) TCP-трафик является сильно асимметричным, причем объем входящих данных от сети в 2,8 раза превосходит исходящий от абонента.

Большой объем трафика от сервера к получателю может привести к ее длительной задержке. Между тем величина задержки нормируется Рекомендациями Y.1540 [2] и Y.1541 [3].

В соответствии с Рекомендацией Y.1540, если от источника пакет отправлен вовремя  $t_1$ , а получателем принят вовремя  $t_2$ , то передаваемый пакет по IP-сети может быть либо успешно доставлен, либо поврежден, либо доставлен не по адресу, либо утерян.

Успешно доставленным пакетом считается неповрежденный пакет, доставленный по адресу за нормированное время  $T_{\max} \geq (t_2 - t_1)$ .

Поврежденным пакетом считается пакет, доставленный по адресу за нормированное время  $T_{\max}$ , но содержательная часть которого, искажена.

Пакетом, доставленным не по адресу, считается пакет, принятый от стороннего источника.

К утерянным пакетам причисляют пакеты, не дошедшие до получателя или дошедшие с опозданием  $(t_2 - t_1) \geq T_{\max}$ .

Рекомендация Y.1540 определяет следующие основные параметры доставки пакетов “из конца в конец”:

– задержка доставки пакетов (IP packet transfer delay, IPTD). Она определяется как разность  $(t_2 - t_1) \leq T_{\max}$ , где  $t_1$  – время отправки от источника,  $t_2$  – время прибытия пакета в пункт назначения,  $T_{\max}$  – допустимое время доставки, после которого пакет считается потерянным. Среднее время доставки пакетов определяется как среднее арифметическое совокупности пакетов за время наблюдения не менее 1 минуты;

– вариация задержки пакетов (IP packet delay variation, IPDV), иначе – джиттер. Она определяется как разность между реальной величиной задержки  $x_k$  и эталонной (или опорной) величиной задержки доставки пакета  $d_{1,2}$ :  $v_k = x_k - d_{1,2}$ . Положительные значения джиттера образуются в случае, если время доставки пакета больше эталонной задержки, отрицательные – если меньше. Компенсация джиттера осуществляется буфером приемного хоста;

– коэффициент ошибочных пакетов (*IP packet error ratio*, IPER). Определяется как отношение числа поврежденных пакетов к суммарному числу поврежденных пакетов и успешно доставленных пакетов;

– коэффициент потери пакетов IP (*IP packet loss ratio*, IPLR). Определяется как отношение числа утерянных пакетов к суммарному числу переданных пакетов.

Рекомендация Y.1541 определяет численные значения параметров, для различных услуг, существующих в настоящий момент. Численные значения рассмотренных параметров приведены в таблице 1.

ТАБЛИЦА 1. Численные значения параметров доставки

Параметр	Описание	Классы качества обслуживания					
		Класс 0	Класс 1	Класс 2	Класс 3	Класс 4	Класс 5
IPTD	Верхняя граница среднего значения (Прим. 1)	100 мс	400 мс	100 мс	400 мс	1 с	U
IPDV	Верхняя граница разности (IPTD – min IPTD) с квантилем 0.999 (Прим. 2)	50 мс	50 мс	U	U	U	U
IPLR	Верхняя граница	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	U
IPER	Верхняя граница	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	U

Примечания: U – означает не специфицировано.

Прим. 1. Определяется как среднее арифметическое совокупности пакетов. В некоторых случаях это значение для классов 0 и 2 не всегда достижимо. С другой стороны, не исключается возможность меньшего значения.

Прим. 2. Суммарное значение задержки IPTD+IPDV в 99,9 % не должно превышать 150 мс в течение коротких интервалов времени (для класса 0). Для длинных интервалов времени в этом же случае используется квантиль 95 %.

Рекомендация Y.1541 устанавливает соответствие между классом качества обслуживания и наиболее соответствующими ему приложениями:

Класс 0 – приложения реального времени, чувствительные к джиттеру, характеризующиеся высоким уровнем интерактивности (VoIP, видеоконференции через наземные каналы связи);

Класс 1 – приложения реального времени, чувствительные к джиттеру, характеризующиеся невысоким уровнем интерактивности (VoIP, видеоконференции через спутниковые каналы связи);

Класс 2 – транзакции данных, характеризующиеся высоким уровнем интерактивности (например, сигнализация);

Класс 3 – обмен данными с низким уровнем интерактивности (web-сайты, электронная почта);

Класс 4 – приложения, допускающие низкий уровень потерь (короткие транзакции, большие массивы данных, потоковое видео);

Класс 5 – традиционные применения сетей IP.

По мере усовершенствования сетей будут вводиться и новые классы 6 и 7 (табл. 2), которые в настоящее время являются временными и требуют дальнейшего изучения.

ТАБЛИЦА 2. Временные численные значения параметров доставки

Параметр	Описание	Классы качества обслуживания	
		6	7
IPTD	Верхняя граница среднего значения	100 мс	400 мс
IPDV	Верхняя граница разности (IPTD – mean IPTD) с квантилем 0.999	50 мс	50 мс
IPLR	Верхняя граница	$1 \times 10^{-5}$	
IPER	Верхняя граница	$1 \times 10^{-6}$	

Перекоп трафика на абонентском участке «последней миле абонента» компенсируется использованием технологии ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line* – асимметричная цифровая абонентская линия), в которой общая доступная полоса пропускания канала распределена между исходящим и входящим трафиком асимметрично.

В ADSL общая полоса пропускания делится на две части: частоты от 26 до 138 кГц отведены исходящему потоку данных (от получателя к сети), а частоты от 138 кГц до 1,1 МГц – входящему (от сети к получателю).

Перекоп TCP-трафика на участке «последней миле сервера» (предпоследний – последний маршрутизатор) можно компенсировать перераспределением каналов связи, как это показано на рис. 1.

При симметричном распределении каналов число каналов связи в восходящем (от пользователей к серверу) и нисходящем (от сервера к пользователям) направлениях одинаково. На рис. 1а показано распределение 4-х каналов связи в соотношении  $2\uparrow/2\downarrow$ .

Асимметричное распределение каналов (рис. 1б) достигается перенаправлением каналов связи и введением дополнительных портов маршрутизаторов  $R3$  и  $T3$ . На рис. 1б показано распределение 4-х каналов связи в соотношении  $1\uparrow/3\downarrow$ .

Маршрутизатор  $Rt1$  в направлении пользователи–сервер использует только приемные порты  $R2$  и  $R3$ , передающие порты  $T2$  и  $T3$  блокируются.

Маршрутизатор *Rt2* в направлении сервер–пользователи использует только передающие порты *T2* и *T3*, приемные порты *R2* и *R3* блокируются.

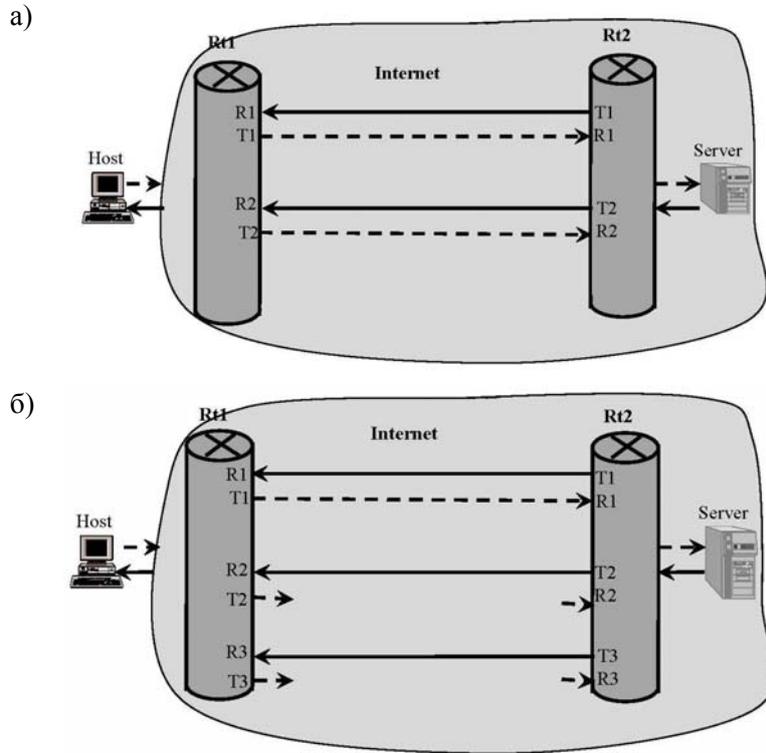


Рис. 1. Использование 4-х каналов связи на «последней миле сервера» при а) симметричном распределении каналов и б) асимметричном распределении каналов

Эффект повышения качества обслуживания достигается перераспределением каналов связи так, что восходящему трафику (к серверу) выделяется меньшее число каналов связи, чем нисходящему трафику (от сервера).

Экономический эффект достигается тем, что стоимость дополнительного оборудования дополнительных портов маршрутизаторов значительно меньше, чем стоимость канала связи.

Для оценки предложенного решения без учета надежности рассмотрим качество обслуживания на «последней миле сервера» для обоих вариантов при одних и тех же значениях трафика. Оценку будем производить по функции распределения времени ожидания (ФРВО) конца обслуживания:

$$F_e(t) = \left\{ \begin{array}{ll} 1 + \frac{P(>0)}{V-A-1} [e^{-\mu(V-A)t} - e^{-\mu t}] - e^{-\mu t}, & 0 < A \neq V - 1 < V \\ 1 - \mu t P(>0) e^{-\mu t} - e^{-\mu t}, & A = V - 1 \end{array} \right\}, \quad (1)$$

где  $P(>0) = \frac{V \cdot E_V(A)}{V - A \cdot (1 - E_V(A))}$ ,  $A = \frac{\lambda}{\mu}$ .

Пусть скорость каждого интерфейса в обоих направлениях  $VEL = 10$  Мбит/с. Каждой из  $N = 1\,000\,000$  пользователей осуществляется сеанс связи 1 раз в 10 минут, создавая общий поток к серверу  $\lambda = 1666,6$  пакетов/с. Длина пакета запроса к серверу  $LEN\_U = 200$  байт, на который сервер отвечает пакетом длиной  $LEN\_S = 1\,400$  байт.

*Симметричное распределение каналов  $2\uparrow/2\downarrow$*

– В направлении пользователи–сервер:

число каналов связи  $V = 2$ ;

интенсивность обслуживания пакетов  $\mu = VEL/LEN\_U = 6\,250$  с<sup>-1</sup>;

нагрузка от пользователей к серверу  $A = \lambda/\mu = 0,2666$  Эрланг;

$P(> 0) = 0,0313$ .

– В направлении сервер–пользователи:

число каналов связи  $V = 2$ ;

интенсивность обслуживания пакетов  $\mu = VEL/LEN\_S = 892,85$  с<sup>-1</sup>;

нагрузка от сервера к пользователям  $A = \lambda/\mu = 1,866$  Эрланг;

$P(> 0) = 0,9011$ .

Подставляя эти значения в (1) построим графики рис. 2 ФРВО конца обслуживания в направлении пользователи–сервер  $F_{us}(t)$  и ФРВО конца обслуживания в направлении сервер–пользователи  $F_{su}(t)$ .



Рис. 2. Функции распределения времени доставки пакета на «последней миле сервера» при симметричном распределении каналов

*Ассимметричное распределение каналов  $1\uparrow/3\downarrow$*

– В направлении пользователи–сервер:

число каналов связи  $V = 1$ ;

интенсивность обслуживания пакетов  $\mu = VEL/LEN\_U = 6\,250$  с<sup>-1</sup>;

нагрузка от пользователей к серверу  $A = \lambda/\mu = 0,2666$  Эрланг;

$P(> 0) = 0,2666$ .

– В направлении сервер–пользователи:

число каналов связи  $V = 3$ ;

интенсивность обслуживания пакетов  $\mu = VEL/LEN\_S = 892,85 \text{ с}^{-1}$ ;

нагрузка от сервера к пользователям  $A = \lambda / \mu = 1,866$  Эрланг;

$P(> 0) = 0,3837$ .

Подставляя эти значения в (1) построим графики рис. 3 ФРВО конца обслуживания в направлении пользователи–сервер  $F_{us}(t)$  и ФРВО конца обслуживания в направлении сервер–пользователи  $F_{su}(t)$ .



Рис. 3. Функции распределения времени доставки пакета на «последней миле сервера» при асимметричном распределении каналов

Сравнивая рис. 2 и 3 можно сделать следующие выводы:

1) В направлении пользователи–сервер качество обслуживания практически не изменилось.

2) В направлении сервер–пользователи ФРВО конца обслуживания на уровне 0,95 снизилось с 26 до 6 мс. Таким образом, качество обслуживания значительно улучшилось.

Для обеспечения надежности следует использовать следующие схемы асимметричного распределения каналов:  $2\uparrow/4\downarrow$ ,  $2\uparrow/6\downarrow$ ,  $3\uparrow/5\downarrow$ ,  $2\uparrow/8\downarrow$ ,  $3\uparrow/7\downarrow$ ,  $4\uparrow/6\downarrow\dots$

#### Список используемых источников

1. Пастухов А. С., Матвеев С. Б. Исследование экспериментальных данных GPRS трафика на фрактальные свойства в сотовой сети связи стандарта GSM // Вестник Чувашского университета. Естественные и технические науки. 2007. №. 2. С. 243–249.

2. ITU-T Recommendation Y.1540. Internet protocol data communication service – IP packet transfer and availability performance parameters.
3. ITU-T Recommendation Y.1541. Network performance objectives for IP-based Services.
4. Кожанов Ю. Ф. Качество обслуживания в сетях связи. СПб. : СПбГУТ, 2014. 160 с.

УДК 004.7:004.422.8

## КОНЦЕПЦИЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ АГЕНТОВ В АКТИВНЫХ СРЕДАХ

**А. В. Гираева, Л. К. Птицына**

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*Рассмотрены направления расширения областей применения интеллектуальных информационных агентов. Систематизированы основные этапы жизненного цикла интеллектуальных информационных агентов. Описаны характерные особенности условий функционирования интеллектуальных информационных агентов по различным профилям их применения в профессиональной деятельности. Приведены результаты обзора научных исследований в области анализа качества интеллектуальных информационных агентов. Представлены проблемные ситуации с определением эффективности интеллектуальных информационных агентов. Раскрыта система принципов концепции определения эффективности интеллектуальных информационных агентов в активных средах при ситуационной неопределённости.*

*интеллектуальный агент, жизненный цикл, внешняя среда, активная среда, эффективность, качество.*

Стремление к инновационному развитию промышленности, бизнеса, образования, экономики и культуры, определяемого на основе современных достижений фундаментальной и прикладной науки, является важнейшим стимулом совершенствования интеллектуальных информационных агентов, предназначенных как для автономного выполнения специальных функций вместо человека или от его лица, так и для помощи в реализации ряда видов деятельности посредством высокоуровневого взаимодействия с человеком. В настоящее время сформировался круг типовых применений интеллектуальных информационных агентов, ориентированных на организацию взаимодействия с пользователями, обеспечение взаимодействия с информаци-

онными системами, планирование и диспетчеризацию задач в сетевых инфраструктурах, управление информационными ресурсами, мониторинг информационных ресурсов, обеспечение информационной безопасности. По мере расширения технологических базисов информационных инфраструктур появляется новый круг в сфере востребованных приложений интеллектуальных информационных агентов. К этому кругу относятся: управление информацией; управление контентом; извлечение знаний; генерация знаний.

В контексте расширения областей применения интеллектуальных информационных агентов подвергается ревизии содержание основных этапов их жизненного цикла: актуализация, проектирование, создание, внедрение и сопровождение. В каждом из перечисленных приложений появляются новые аспекты, требующие внесения изменений в основные этапы их жизненного цикла. Вносимые изменения, прежде всего, касаются представлений характерных особенностей условий функционирования интеллектуальных информационных агентов по разным профилям их применения.

Каждое из новых приложений относится к разряду интеллектуальных, требующих определённых подходов к выбору формализаций, относящихся к соответствующей сфере профессиональной деятельности. Характерные особенности условий функционирования интеллектуальных информационных агентов, зависящих от направленности профессиональной деятельности, выражаются в своеобразии категорий, концептов и отношений между ними, задействованных в представлении знаний. Представительный ряд исследований интеллектуальных информационных агентов посвящается определению и анализу их качества.

Для определения обобщённого качества интеллектуальных информационных агентов при их функционировании в окружающей среде вводится функция полезности (*utility function*)  $U$  [1]:

$$U : \mathbf{X}^T \rightarrow \mathbf{R},$$

где  $\mathbf{R}$  – множество действительных чисел.

Функция полезности является внешней по отношению к агенту и его среде. Для обозначения комбинации окружающей среды и функции полезности используется термин среда задачи (*task environment*).

Качество функционирования агента в среде  $E$  может определяться через полезность генерируемой истории состояний:

$$V(f, E) = U(\text{effects}(f, E)).$$

Если разработчик агента располагает множеством сред  $E$  и их вероятностным распределением  $p$ , тогда агент может характеризоваться следующим образом:

$$V(f, \mathbf{E}) = \sum_{E \in \mathbf{E}} p(E)V(f, E).$$

Наряду с приведённой трактовкой качества в [2, 3, 4, 5] разрабатываются методологические аспекты определения и анализа динамических характеристик интеллектуальных информационных агентов. Предлагаемая в этих работах трактовка качества в большей степени приближается к практической направленности, поскольку в состав динамических характеристик вводится вероятность преодоления априорной неопределённости относительно состава ресурсов информационной инфраструктуры и вероятность достижения цели, формируемой согласно потребностям профессиональной деятельности. Однако в обеих представленных группах работ игнорируется возможная активность окружающей среды.

Для устранения отмеченного недочёта в [6, 7, 8] проводится разработка моделей и методов, позволяющих учесть влияние активной среды на динамические характеристики интеллектуальных информационных агентов. Благодаря этим моделям и методам создаются объективные предпосылки для развития методологических аспектов определения эффективности интеллектуальных информационных агентов в активных средах при ситуационной неопределённости.

Первоосновой методологической канвы является концепция, которая базируется на следующих принципах:

- агент может быть представлен как отображение последовательности наблюдений на последовательность действий;
- агент функционирует в активной окружающей среде;
- существует история состояний среды агенты;
- окружающая среда оказывает воздействие на процесс функционирования интеллектуального информационного агента;
- воздействие окружающей среды может сопровождаться изменением статистических характеристик выполняемых агентом действий;
- воздействие окружающей среды может приводить к необходимости смены плана;
- под воздействием окружающей среды может потребоваться смена системы планирования (планировщика) действий.

Согласно представленной концепции эффективность интеллектуального информационного агента в активной среде определяется через вероятности устранения априорной неопределённости относительно состава информационных ресурсов и вероятности достижения поставленных перед ним целей по всему множеству возможных вариаций в проявлении активности:

$$V(f, E^a) = P_p^a(k_{p,s} \leq N_{p,N_{\max}})P_g^a(k_{g,s} \leq N_{g,N_{\max}}),$$

$$V(f, \mathbf{E}^a) = \sum_{E^a \in \mathbf{E}^a} p(E^a) V(f, E^a),$$

где  $\mathbf{E}^a$  – множество вариаций в активности окружающей среды;  $E^a$  – некоторый вариант проявления активности окружающей среды;  $p(E^a)$  – вероятность некоторого варианта проявления активности окружающей среды;  $P_p^a(k_{p,s} \leq N_{p,N_{\max}})$  – вероятность устранения априорной неопределённости относительно состава информационных ресурсов за ограниченное время  $N_{p,N_{\max}}$  при определённой активности окружающей среды;  $P_g^a(k_{g,s} \leq N_{g,N_{\max}})$  – вероятность достижения поставленных перед агентом целей за ограниченное время  $N_{g,N_{\max}}$  при определённой активности окружающей среды.

Предложенный подход к определению эффективности интеллектуальных информационных агентов в активных средах обеспечивает формирование математического обеспечения процесса выполнения сравнительного анализа различных вариантов архитектуры агентов.

#### Список используемых источников

1. Птицына Л. К., Шестаков С. М. Информационные сети. Интеллектуальные информационные агенты : учеб. пособие. СПб.: Политехн. ун-т, 2008. 210 с. ISBN 5-7422-1728-5.
2. Птицына Л. К., Лебедева А. А. Модельно-аналитическое обеспечение информационных интеллектуальных агентов с динамической синхронизацией их действий // Научно-технические исследования в космических исследованиях Земли. 2014. № 6. С. 68–71.
3. Птицына Л. К., Лебедева А. А. Аналитические компоненты информационной технологии формирования динамических характеристик запросов интеллектуальных агентов с подтверждением // Научно-технические исследования в космических исследованиях Земли. 2015. № 1. С. 32–36.
4. Лебедева А. А., Птицына Л. К. Методологические основы управления качеством функционирования информационных интеллектуальных агентов // Аспирант. 2015. Т. 2. № 8–2 (13). С. 60–63.
5. Птицын А. В. Методологический базис агентных технологий для обеспечения информационной защищённости // Научно-технические исследования в космических исследованиях Земли. 2015. Т. 7. № 1. С. 50–55.
6. Птицына Л. К., Лебедева А. А. Модельно-аналитический интеллект мультиагентных систем // III Балтийский морской форум: сб. науч. тр. / сост. Н. А. Кострикова. Калининград, 2015. С. 489–497.
7. Лебедева А. А., Птицына Л. К., Хроменков С. В. Расширение модельного пространства агентных технологий // Труды учебных заведений связи. 2016. Т. 2. № 3. С. 45–50.
8. Птицына Л. К., Лебедева А. А., Белов М. П. Формирование модельно-аналитического интеллекта для реактивных инфокоммуникационных сред // Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям. 2016. Т. 1. № секции 1–3. С. 324–326.

УДК 004.7:004.422.8

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СРЕДСТВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОНТОЛОГИЙ

Ю. А. Голутвина, Л. К. Птицына

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича

*Раскрыта значимость онтологического подхода к созданию интеллектуальных информационных систем в контексте развития искусственного интеллекта. Выделена область проектирования онтологий в жизненном цикле интеллектуальных информационных систем. Представлены направления развития инструментальных средств проектирования онтологий. Определён базис технологий реализации инструментальных средств проектирования онтологий. Рассмотрены общие положения инструментальных средств проектирования онтологий. Систематизированы функциональные возможности средств. Описаны отличительные особенности современных средств проектирования онтологий. Приведены типовые характеристики инструментальных средств проектирования онтологий. Сформированы критерии сравнительного анализа средств. Предложена методика сравнительного анализа инструментальных средств проектирования онтологий.*

*онтология, интеллектуальная информационная система, инструментальные средства, свойства средств, сравнительный анализ.*

В современном мире наблюдается повышение интенсивности развития искусственного интеллекта. Подобная тенденция проявляется в работе практически всех крупных IT-компаний.

Благодаря повышенному вниманию к искусственному интеллекту, стремительно обновляются и совершенствуются интеллектуальные информационные технологии.

Одно из перспективных направлений обновления и совершенствования базируется на применении онтологического подхода. Онтология рассматривается как универсальный механизм для описания структурированного знания.

По мнению специалистов по искусственному интеллекту основная роль в описании знаний отводится онтологическим моделям, которые применяются при проектировании баз знаний, создании экспертных систем, систем поддержки принятия решений, разработке сред, ориентированных на совместное использование информации несколькими пользователями, и разработке поисковых систем.

Онтологии активно реализуются в Semantic Web и других интеллектуальных системах для поиска необходимой информации. В настоящее время онтологии используются в электронной коммерции, как средства обмена информацией; в медицине, как средства классификации и основы построения экспертных систем; в планировании и проектировании, как средства, предлагающие рациональные решения для стандартного набора задач; в управлении группировкой малоразмерных космических аппаратов, как средства представления знаний предметной области, и в других областях профессиональной деятельности.

В области инженерии знаний онтологии являются средством формирования систем управления знаниями.

В области информационных систем онтологии играют важнейшую роль, объединяя основные компоненты любой информационной системы: информационные ресурсы, интерфейс пользователя и прикладные программы.

Особенно широкое распространение онтологии получили благодаря развитию распределённых систем искусственного интеллекта, реализуемых на основе агентных технологий.

Первичный процесс создания онтологий реализуется с помощью инструментальных средств. Модификация онтологий осуществляется с применением либо инструментальных средств, либо специализированных приложений, выполняющих автоматическое обновление опорного варианта модели [1].

На сегодняшний день инструментальные средства для проектирования онтологий развиваются в двух основных направлениях: создание RDF-онтологий и OWL-онтологий.

Язык OWL (*Web Ontology Language*) позиционируется как один из современных и актуальных языков представления информации в глобальной сети Internet.

В OWL-онтологии может содержаться описание классов, свойств и их экземпляров. При помощи свойств классов могут создаваться определенные связи между экземплярами. Языком OWL поддерживается возможность генерации новых знаний на основе уже существующих.

Инструментальное средство относится к разряду полезных и полноценных при создании современных онтологий, если в его среде могут реализовываться следующие функции:

- создание и редактирование уже существующих онтологий;
- поддержка OWL-онтологий;
- поддержка сторонних библиотек с онтологиями;
- импорт и экспорт онтологий разных форматов и языков;
- графическое представление онтологий.

В базис любого инструментального средства для создания OWL-онтологий вводятся следующие элементы: классы (`owl:Class`), свойства (`owl:ObjectProperty`) и индивиды.

Каждый класс может описываться аксиомами. Простейшей аксиомой декларируется существование класса. В языке OWL определяются еще три конструкции, благодаря комбинации которых могут представляться более сложные аксиомы: экстенционал одного класса (подкласса) полностью входит в экстенционал другого (надкласса); экстенционалы двух классов совпадают; экстенционалы двух классов не пересекаются.

В языке OWL выделяются две категории свойств: свойства-объекты (или объектные свойства) и свойства-значения. С использованием первых свойств осуществляется связывание индивидов (экземпляров классов) между собой. С помощью вторых свойств выполняется связывание индивидов со значениями данных. Для свойств выделяется ряд конструкций, ориентированных на формирование сложных аксиом.

Индивиды сопровождаются рядом собственных аксиом.

Все выше перечисленные элементы базиса и поддержка RDF и RDFS рассматриваются как обязательные по присутствию в современном инструментальном средстве для создания OWL-онтологий.

При создании объемных баз знаний, не предусматривающих появление новых знаний, предпочтение отдаётся базису инструментальных средств, поддерживающих RDF.

При выборе конкретного средства обращается внимание на следующие свойства средств: функциональность, интегрируемость, поддержка внешних библиотек с онтологиями, скорость обработки данных.

В настоящее время наибольшей популярностью отличаются следующие инструментальные средства: Ontolingua, Protégé, OntoEdit.

Проектирование онтологий начинается с выбора модели представления знаний. Вслед за выбором модели представления знаний решается задача научного обоснования выбора инструментальных средств, поскольку разнообразие инструментов для отображения и преобразования онтологий делает сложным их непосредственное сравнение.

Для научного обоснования этого выбора может использоваться модифицированный метод Саати в сочетании с методами теории нечётких множеств [2, 3, 4].

Предлагаемая методика выбора инструментальных средств базируется на выполнении следующих работ:

- декомпозиция множества сущностей инструментальных средств;
- формирование множества критериев, характеризующих выделенные аспекты поведенческих свойств инструментальных средств  $C$ :

$$|C|=N,$$

где  $N$  – число критериев.

– образование множества альтернатив в реализации инструментальных средств посредством объединения тех программных продуктов, которые выделяются ИТ-специалистами по ряду поведенческих свойств  $I$ :

$$|I|=M,$$

где  $M$  – число альтернативных реализаций инструментальных средств.

– построение иерархии альтернатив;

– преодоление априорной неопределенности относительно метрических характеристик критериев путем определения значений оценок интенсивности их проявления в сравниваемых реализациях инструментальных средств;

– заполнение  $W_n$  ( $M \times M$ ),  $n = 1, N$  матриц результатов попарных сравнений соответствующих оценок интенсивностей проявления критериев для сравниваемых реализаций инструментальных средств:

$$W_{n,i,j} = \frac{\lambda_{n,i}}{\lambda_{n,j}}, \quad n = 1, 2, \dots, N; \quad i = 1, 2, \dots, M; \quad j = 1, 2, \dots, M;$$

$$W_{n,j,i} = \frac{1}{W_{n,i,j}}; \quad W_{n,i,j} > 0;$$

$\lambda_{n,i}$  – интенсивность проявления  $n$ -го критерия в  $i$ -й реализации инструментального средства;  $\lambda_{n,j}$  – интенсивность проявления  $n$ -го критерия в  $j$ -й реализации инструментального средства;

– преодоление априорной неопределённости относительно коэффициентов предпочтений в выборе альтернативной реализации по каждому из выделенных критериев:

$$k_{n,i} = \frac{\sum_{j=1}^M W_{n,i,j}}{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^M W_{n,i,j}}; \quad n = 1, 2, \dots, N; \quad i = 1, 2, \dots, M;$$

– определение  $l_n$  коэффициентов значимости критериев по результатам попарных сравнений соответствующих оценок:

$$l_i = \frac{\sum_{j=1}^N \rho_{i,j}}{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \rho_{i,j}},$$

$$\rho_{i,j} = \frac{\beta_i}{\beta_j}; \rho_{j,i} = \frac{1}{\rho_{i,j}}; \rho_{i,j} > 0, i = 1, 2, \dots, N; j = 1, 2, \dots, N.$$

где  $\beta_i$  – значимость  $i$ -го критерия;  $\beta_j$  значимость  $j$ -го критерия;

– определение  $R_i$  приоритетов выбора альтернативной реализации инструментального средства:

$$R_i = \sum_{n=1}^N r_{n,i};$$

$$r_{n,i} = k_{n,i} l_n; n = 1, 2, \dots, N; i = 1, 2, \dots, M$$

– выбор  $L$  альтернативы – лидера среди сравниваемых реализаций инструментального средства:

$$L = \arg(\max_i R_i), i = 1, 2, \dots, M.$$

Состав и характер поведенческих свойств находится в непосредственной зависимости от выбранной проектировщиком типа модели знаний.

Предлагаемая методика обеспечивает объективный выбор наилучшего инструментального средства для создания и сопровождения онтологических моделей, задействованных в жизненном цикле интеллектуальных информационных систем.

#### Список используемых источников

1. Птицына Л. К., Котлова М. В. Генерация онтологических моделей коллекций экспонатов // Информационные системы и технологии в моделировании и управлении. Всероссийская научно-практическая конференция. Гуманитарно-педагогическая академия (филиал) ФГАОУ ВО «КФУ им. В. И. Вернадского» в г. Ялте; Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ», 2016. С. 63–68.

2. Птицына Л. К., Птицын А. В. Формализация выбора систем виртуализации для образовательных программ по корпоративным информационным системам // Дистанционное и виртуальное обучение. 2012. № 8. С. 4–14.

3. Коньшева Л. К., Назаров Д. М. Основы теории нечётких множеств : учебное пособие. СПб.: Питер, 2011. 192 с. ISBN 978-5-459-00735-0.

4. Пашкова Л. С., Птицына Л. К. Выбор эффективной системы биллинга // Международный научно-исследовательский журнал. 2013. № 4–1 (11). С. 111–116.

УДК 654.739

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ  
ГОСАВТОИНСПЕКЦИИ РОССИИ****В. В. Громов**

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*Статья посвящена развитию информационных систем Госавтоинспекции в СССР и Российской Федерации. Она раскрывает основные вопросы формирования распределённых баз данных и современных облачных технологий при создании систем с on-line и off-line системами запросов. Формализуются основные причины, которые могут оказать негативное воздействие на реализацию поставленных задач по созданию единого информационного пространства. Поднимаются вопросы связанные с изменением системы модернизации программного обеспечения в Государственных и казённых учреждениях.*

*распределенные базы данных, корпоративные базы данных.*

Выбор темы «Информационные системы Госавтоинспекции России» связан с взаимодействием на протяжении более 25 лет с деятельностью Госавтоинспекции. Как уже сообщалось в предыдущих моих статьях, Госавтоинспекция России (ГИБДД) проделала огромную работу в создании информационных систем для обслуживания задач выполняемых в подразделениях.

В 1988 г. было принято постановление Совета Министров СССР № 366 «О мерах по обеспечению безопасности движения на автомобильном и железнодорожном транспорте». Данное постановление позволило создать службы, которые начали создавать автоматизированные рабочие места в Государственной Автомобильной Инспекции (ГАИ), проводилась разработка различных информационных систем для нужд ГАИ. Для обеспечения выполнения задач по автоматизации ГАИ в ВНИИ МВД СССР была образована научно-исследовательская лаборатория. В последствии указанная лаборатория ВНИЦ МВД России была реформирована и было создано новое структурное подразделение – НИЦ ГАИ (Научно-Исследовательский Центр ГАИ). После создания указанного подразделения, была начата долговременная, плодотворная работа НИЦ ГИБДД и информационных центров ГАИ городов, краёв, областей и республик Советского Союза. Данная работа продолжалась даже в переходный период – до образования Российской Федерации как правопреемника СССР. В настоящее время ВНИЦ МВД России

реформировано в Федеральное казённое учреждение «Научно-Исследовательский Центр проблем безопасности дорожного движения Министерства Внутренних Дел Российской Федерации» [1].

Главным достижением НИЦ ГАИ (НИЦ ГИБДД МВД России) можно считать разработку и внедрение Федеральной Информационной Системы Госавтоинспекции (ФИС ГИБДД). Создание ФИС ГИБДД началось в 1995 г. и продолжалось до 2006, когда была создана единая корпоративная сеть ГИБДД [2].

В 2007 г. был утверждён Приказ МВД России № 1144 «О системе информационного обеспечения Госавтоинспекции» (Приказ № 1144). Данный документ является системообразующим документом для ведения информационных учётов Госавтоинспекции. На основании Приказа № 1144 была создана корпоративная мультисервисная информационно-коммуникационная сеть которая объединила в едином информационном пространстве показанным на рисунке [3].

В состав ФИС ГИБДД были включены 12 оперативных учётов, четыре из которых приведены ниже:

- учёт и регистрация транспортных средств в ГИБДД («Автомобиль»);
- учёт и регистрация выдачи водительских документов («Водитель»);
- учёт административных нарушений правил дорожного движения («Адмпрактика»);
- учёт дорожно-транспортных происшествий («ДТП»).

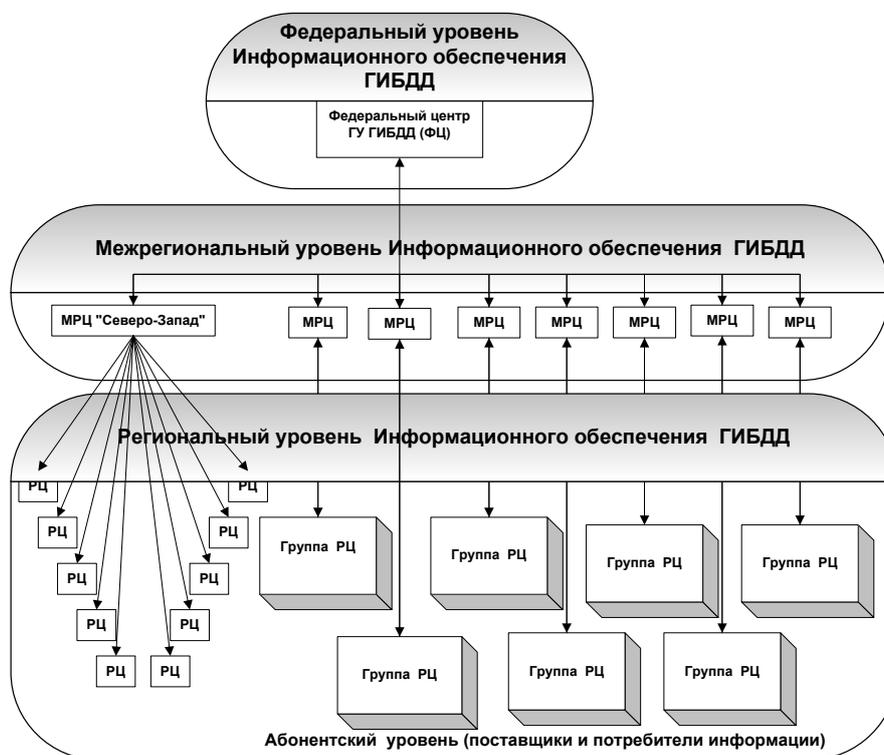


Рисунок. Схема ФИС ГИБДД с информационными связями [2]

ФИС ГИБДД – многоуровневая информационная система региональных информационных центрах Госавтоинспекции. Система состояла из 4-х уровней:

1. Федеральный уровень – включал Федеральный информационный центр, который обобщал информацию, полученную из 9-ти межрегиональных центров.

2. Межрегиональный уровень – включал в себя 9 межрегиональных центров, которые аккумулировали и контролировали информацию, поступающую в Федеральный центр из 85-ти регионов Российской Федерации.

3. Региональный уровень – информационный центр, обслуживающий подразделения Госавтоинспекции в субъекте (регионе) Российской Федерации.

4. Абонентский уровень – территориальное (районное или межрайонное) подразделение ГИБДД.

Формально, ФИС ГИБДД, функционировала в симбиозе разнотипного программного обеспечения, применяемого субъектах Российской Федерации, обеспечивающих обработку запросов заданном формате. Данная система представляет собой территориально-распределённую базу данных, что большинства молодых программистов является непонятной структурой базы данных с устаревшей архитектурой [3].

Формально ФИС ГИБДД – «облако» данных, равномерно распределённое по всей территории Российской Федерации, которое представляет единое информационное пространство (ЕИП). В настоящее время происходит внедрение нового программного обеспечения, которое претендует на преемственность ФИС ГИБДД, данный проект получил кодовое наименование ФИС-М.

Формально ФИС и ФИС-М равнозначные системы, выполненные на различном прикладном программном обеспечении, но использующие одинаковую технологию обработки запросов «клиент-сервер». ФИС ГИБДД – система в основе которой была использована СУБД Adabas-C, что позволило проработать некоторым межрегиональным узлам ФИС ГИБДД без технического обслуживания более 10 лет. ФИС-М система на основе Web Application Server на базе СУБД Oracle, действие системы основано на авторизации клиента на WWW-сервере и запуске соответствующего приложения [4]

По идеологии ФИС и ФИС-М системы с различным типом доступа. ФИС ГИБДД – off-line система обработки запросов с установленным чётким интервалом времени, ФИС-М – on-line система доступа к информационным ресурсам Госавтоинспекции. Обе системы используют специальные, защи-

щённые каналы связи, которые позволяют обеспечивать выполнения государственных функций Госавтоинспекции в соответствии с действующим законодательством в защищённом режиме [5].

В настоящее время ФИС ГИБДД не выведено из эксплуатации, а ФИС-М не смогло полностью заменить ФИС ГИБДД. Ведётся сложная работа по замене программного обеспечения ФИС, на ФИС-М, о результатах которой мы видим по отзывам в прессе. Формально, вновь введённое программное обеспечение ФИС-М, не смогло учесть ошибки, которые были выявлены при создании ФИС ГИБДД в период с 1995 по 2006 год. Объективно – это связано со сменой разработчика системы, которое вызвано необходимостью проведения конкурсных процедур при для выполнения Государственного заказа для нужд Госавтоинспекции.

В заключение, хотелось отметить, что с такой ситуацией сталкиваются огромное количество Государственных учреждений, которые пытаются модернизировать программное обеспечение и вынуждены проводить аукционы для выбора поставщика услуг. Данная ситуация не позволяет качественно, без ошибок и сбоев, произвести замену прикладного программного обеспечения, что естественно является существенным недостатком для любой информационной системы.

#### Список используемых источников

1. История Госавтоинспекции России. URL: <https://www.gibdd.ru/about/history/> (дата обращения 30.04.2017).
2. Громов В. В. Организация информационного взаимодействия разнородных региональных сетей ГИБДД (на примере Межрегионального центра «Северо-Запад»): автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.13.13 / Громов Владислав Витальевич. М., 2004. 22 с.
3. Приказ МВД № 1144 от 03.12.2007 г. «О системе информационного обеспечения подразделений Госавтоинспекции». URL: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=164386;fld=134;dst=1000000001,0;rnd=0.19021352896062615> (дата обращения 30.04.2017).
4. Единая система Госзакупок. URL: [http://zakupki.gov.ru/pgz/public/action/orders/info/common\\_info/show?notificationId=6760864](http://zakupki.gov.ru/pgz/public/action/orders/info/common_info/show?notificationId=6760864) (дата обращения 30.04.2017).
5. Приказ МВД России от 5 февраля 2016 г. N 60 «О порядке эксплуатации специального программного обеспечения Федеральной информационной системы Госавтоинспекции». URL: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=EXP;n=653703;fld=134;from=11184-139;rnd=203280.015356685686837457;;ts=02032804560672706393847> (дата обращения 30.04.2017).

УДК 005.7

## ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ С УЧЕТОМ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЁЖНОСТИ

**А. Н. Губин, С. А. Круглова**

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*Рассматривается методика проектирования систем, позволяющая оптимизировать затраты на реализацию систем с заданным уровнем вероятности безотказной работы. Состав проектируемой системы определяется на основании графа совместности используемого оборудования. Полученные результаты дают возможность выбрать для реализации наиболее рациональную структуру системы.*

*система, выбор оборудования, показатель надёжности, граф, расчёт.*

В настоящее время сложно обойтись без информационных технологий. Любая компания разрастается и впоследствии вынуждена выполнять всё больший объём работы в различных областях. Управление многими задачами невозможно без автоматизированной информационной системы.

Информационная система управления – это совокупность различных технологических средств и данных. Она предназначена для сбора, обработки и хранения информации, а также принятия управленческих решений [1].

При построении системы необходимо оборудование, такое как контроллеры, компьютеры, устройства связи с объектом, датчики и многие другие. Каждое из них может быть выпущено совсем разными фирмами с отличающимися характеристиками.

Параметры используемого оборудования можно рассматривать с нескольких сторон, таких как:

- эксплуатация;
- производство;
- экономичность.

К эксплуатационной оценке можно отнести такие характеристики, как:

- мощность;
- производительность;
- размеры;
- надёжность;
- простота конструкции;
- оформление и др.

Производство предполагает следующие показатели:

- материалоемкость;
- масса;
- стоимость,
- технологичность и др.

С экономической точки зрения можно рассмотреть параметры:

- целесообразность производства;
- затраты на приобретение;
- затраты на установку и др.

Один из самых важных критериев при выборе оборудования – это его надёжность. Она является свойством объекта, которое сохраняет значения всех параметров, выполняющих требуемые функции. Надёжность может включать в себя: сохраняемость, безотказность, долговечность, ремонтно-пригодность [2].

В качестве примера можно взять систему следующей структуры:

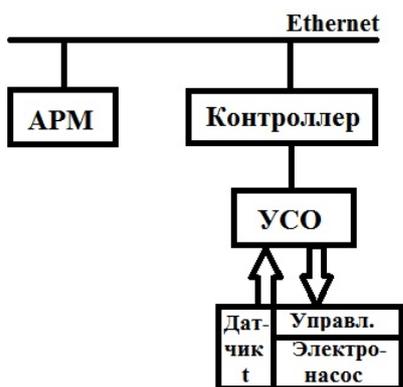


Рис. 1. Структура информационной системы управления

На рис. 1 изображена система, состоящая из оборудования, которое выбирается для оптимальной работы. АРМ – это автоматизированное рабочее место или, одним словом, компьютер. УСО – это устройство связи с объектом. Помимо этого, на рисунке представлены контроллер и датчик.

Первым шагом будет поиск оборудования для информационной системы. Для удобства можно составить таблицу со всеми возможными вариантами, где  $P$  – надёжность, а  $C$  – стоимость.

ТАБЛИЦА 1. Оборудование для ИСУ

№	1 – Датчик	2 – УСО	3 – Контроллер	4 – АРМ
1	Фирма 1 $P = 0,99$ $C = 50$	Фирма 1 $P = 0,95$ $C = 400$	Фирма 1, модель 1 $P = 0,92$ $C = 1\ 500$	Фирма 1, модель 1 $P = 0,93$ $C = 1\ 500$
2	Фирма 1 $P = 0,9999$ $C = 120$	Фирма 1 $P = 0,9975$ $C = 800$	Фирма 1, модель 2 $P = 0,96$ $C = 3\ 800$	Фирма 1, модель 2 $P = 0,995$ $C = 3\ 000$
3	Фирма 2 $P = 0,995$ $C = 100$	Фирма 2 $P = 0,995$ $C = 1\ 100$	Фирма 2, модель 1 $P = 0,9992$ $C = 12\ 000$	
4	Фирма 2 $P = 0,999975$ $C = 240$			

Следующим этапом является построение графа, которое отражает все возможные варианты реализации информационной системы управления с учётом совместимости оборудования. В таблице 1 пронумерованы все строки и столбцы, в связи с чем, не придётся прописывать заново характеристики объектов. Первой цифрой обозначается номер столбца, а второй – номер строки.

На рис. 2 отображены все варианты, которые можно использовать для конкретной информационной системы управления. Для получения конечных результатов остаётся рассчитать надёжность и стоимость для каждого случая.

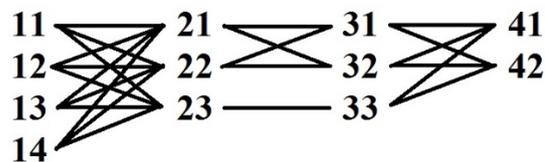


Рис. 2. Построение графа совместимости оборудования

ТАБЛИЦА 2. Расчёты надёжности и стоимости вариантов

№ варианта	Структура	Надёжность $P$	Стоимость $C$
1	11-21-31-41	0,80462	3450
2	11-21-31-42	0,82632	4950
3	11-21-32-41	0,83967	5750
4	11-21-32-42	0,89836	7250
5	11-22-31-41	0,84492	3850
...	...	...	...
40	14-23-33-42	0,98921	16340

Последним шагом является построение графика, где будут наглядно показаны стоимость и надёжность. Его можно увидеть на рис. 3.

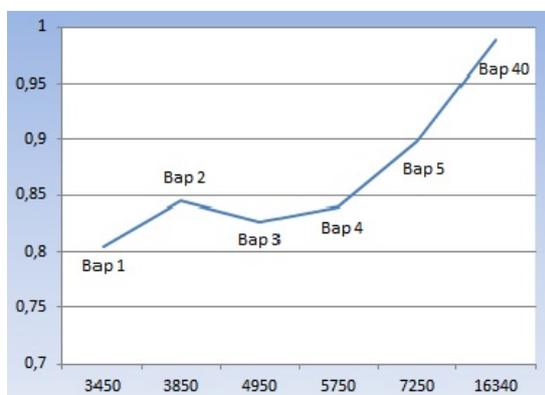


Рис. 3. График зависимости надёжности от стоимости

В полученном графике необходимо исключить из рассмотрения те случаи, которые нарушают условие монотонности. На рис. 3 можно увидеть, что такими являются варианты 3 и 4. Нет никакой выгоды в том, чтобы доплачивать за менее надёжное оборудование.

Бывают случаи, когда значение необходимого показателя задано заранее. Можно представить, что параметр надёжности должен быть

не меньше, чем 0,85. Тогда, перед конечным выбором, нужно отбросить все варианты, неподходящие под условие. Если склоняться к примеру, то такими будут являться варианты 1, 2, 3 и 4.

Благодаря подсчитанным данным можно выбрать самый надёжный расклад для своей системы, обеспечив компании долговечность и безотказность в работе.

Из вышесказанного следует, что для оптимизации работы необходимо выбирать самые лучшие варианты из всех возможных. Рассмотренные в статье методы играют первостепенную роль в реализации наиболее рациональной структуры системы.

#### Список используемых источников

1. Алдохина О. И., Басалаева О. Г. Информационно-аналитические системы и сети: учебное пособие. Ч. 1. Информационно-аналитические системы. Кемерово: КемГУКИ, 2010. 148 с.

2. Ефремов Л. В. Практика вероятностного анализа надёжности техники с применением компьютерных технологий. СПб. : Наука, 2008. 216 с.

УДК 004.62

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЗАДАННОГО УРОВНЯ ДОСТУПА К ДАННЫМ В RDF-ХРАНИЛИЩАХ

**А. Н. Губин, В. Л. Литвинов, В. А. Турушева, Ф. В. Филиппов**

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича

*Рассматриваются проблемы обеспечения заданных уровней доступа к данным в RDF-хранилищах. Решение указанных проблем позволяет предотвратить возможность доступа к данным пользователей, не обладающих требуемым значением уровня доступа. Предлагается простой механизм реализации ограничений доступа к данным RDF-хранилищ на уровне субъектов.*

*RDF-хранилище, триплеты, уровни доступа, механизм реализации.*

В связи с созданием и широким использованием информационных систем на основе семантических технологий достаточно важной становится проблема защиты данных от их несанкционированного использования. Ниже предлагается достаточно простой механизм реализации ограничений доступа к данным RDF-хранилищ на уровне субъектов с учетом заданных прав пользователей.

Для каждого пользователя в системе поддержки безопасности базы данных создаётся учётная запись, содержащая сведения, которыми пользователь идентифицирует себя в системе обеспечения безопасности.

Основными элементами учётной записи пользователя являются его имя *usersl* и некий параметр *slu*, значение которого определяет уровень доступа пользователя к данным хранилища. В данном случае значение параметра безопасности следует рассматривать как значение свойства субъекта «пользователь».

Если с каждым субъектом в RDF-хранилище связать новое свойство *sld*, значение которого характеризует степень доступности свойств, связанных с данным субъектом, то проверка прав доступа к этим сведениям сводится к анализу значений *slu* и *sld*. Например, если  $slu \geq sld$ , то данные пользователю доступны. В противном случае пользователю в доступе данных будет отказано.

Для интеграции нового свойства *sld* в состав хранилища данных необходимо определить пространство имен, которое обеспечит возможность подключения нового свойства к субъектам хранилища.

Для решения этой задачи используется средство XML Schema [1], которое является современным форматом для описания структуры XML документов. Структура документов хранится в файлах с расширением *xsd* (XML Schema definition).

Пример файла XML schema для нашего случая приведен на рис. 1, файл определяет три простых элемента (имя элемента и его тип).

```
#flsd.xsd
<?xml version="1.0"?>
<xs:schema xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/XMLSchema">
<xs:element name="lsd" type="xs: integer">
<xs:element name="usersl" type="xs: string ">
<xs:element name="lsd" type="xs: integer">
</xs:element>
</xs:schema>
```

Рис. 1. Содержание файла XML schema

Права доступа к данным определяются владельцем RDF-хранилища данных. Для интеграции в хранилище информации об уровне доступа к данным необходимо добавить к свойствам каждого субъекта дополнительный граф, отражающий значение уровня доступа (*sld*) к остальным свойствам субъекта (рис. 2).

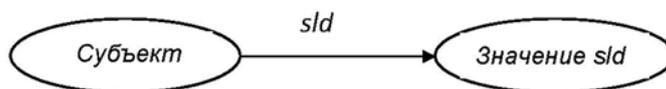


Рис. 2. Граф, определяющий уровень доступа к свойствам субъекта

Диапазон значений *lsd* определяется политикой безопасности владельца RDF-хранилища. Например, 0 – доступ безограничений, 1 – для служебного использования и так далее.

Ввод дополнительной информации в RDF-хранилище осуществляется с помощью операторов INSERT [2].

Пример запроса на обновление данных, который присоединяет к субъекту *:book1* свойство *lsd = 0* представлен на рис. 3.

```
PREFIX dc: <http://purl.org/dc/elements/1.1/>
PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
PREFIX : <http://www.libRegistry.org/ns/lib#>
PREFIX flsd: <http://localhost:3030/rdf/flsd.xsd>.
INSERT
{ :book1 flsd:lsd 0.}
WHERE {}
```

Рис. 3. Запрос SPARQL, определяющий новое свойство субъект *:book1*

В результате применения указанного запроса и аналогичного запроса с определением *lsd = 1* для субъекта *book2* к исходному документу (рис. 4) получим документ с добавленными свойствами *lsd* для каждого субъекта (рис. 5).

```
@prefix rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#> .
@prefix dc: <http://purl.org/dc/elements/1.1/> .
@prefix xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#> .
@prefix : <http://www.libRegistry.org/ns/lib#> .
@prefix flsd: <http://localhost:3030/rdf/flsd.xsd>.
# Экземпляр book1 класса Book
:book1 a <http://www.libRegistry.org/ns/lib#Book>;
dc:identifier "02419-0";
dc:title "Десять негритят"@ru;
dc:creator "Кристи Агата"@ru;
dc:date "2003-03-09"^^xsd:date .
# Экземпляр book2 класса Book
:book2 a <http://www.libRegistry.org/ns/lib#Book>;
dc:identifier "966-00-0785-5";
dc:title "Кобзар"@uk;
dc:creator "Шевченко Тарас"@uk;
dc:date "2002-10-16"^^xsd:date .
```

Рис. 4. Исходный документ (фрагмент RDF-хранилища)

В дальнейшем, при обработке запросов пользователей к RDF-хранилищу, предусматривается модификация этих запросов с целью определения условий фильтрации в соответствии с правами доступа пользователя.

```

@prefix rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#> .
@prefix dc: <http://purl.org/dc/elements/1.1/> .
@prefix xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#> .
@prefix : <http://www.libRegistry.org/ns/lib#> .
@prefix flsd: <http://localhost:3030/rdf/flsd.xsd>.
# Экземпляр book1 класса Book
:book1 a <http://www.libRegistry.org/ns/lib#Book>;
# Значение уровня доступа для данного экземпляра книги
flsd:lsd 0^^xsd:integer;
dc:identifier "02419-0";
dc:title "Десять негритят"@ru;
dc:creator "Кристи Агата"@ru;
dc:date "2003-03-09"^^xsd:date .
# Экземпляр book2 класса Book
:book2 a <http://www.libRegistry.org/ns/lib#Book>;
flsd:lsd 1^^xsd:integer;
dc:identifier "966-00-0785-5";
dc:title "Кобзар"@uk;
dc:creator "Шевченко Тарас"@uk;
dc:date "2002-10-16"^^xsd:date .

```

Рис. 5. Исходный документ с добавленными свойствами *lsd*

Так запрос, который должен вывести в таблицу ответов все экземпляры книг, модифицируется следующим образом. В шаблон WHERE добавляется часть считывающая значение свойства *flsd:lsd* в переменную *?plsd* и оператор фильтрации данных по условию *slu ≥ ?pld* (рис. 6).

```

PREFIX dc: <http://purl.org/dc/elements/1.1/>
PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
PREFIX : <http://www.libRegistry.org/ns/lib#>
PREFIX flsd: <http://localhost:3030/rdf/flsd.xsd>.
SELECT ?book ?bookTitle
WHERE {?book dc:title ?bookTitle.
       ?book flsd:lsd ?plsd.
       FILTER(slu ≥ ?pld) }

```

Рис. 6. Запрос на все экземпляры книг в хранилище

Результат выполнения этого запроса по отношению к документу, содержание которого приведено на рис. 5, при значении *slu = 0* показан на рис. 7.

?book	?bookTitle
book1	"Десять негритят"

Рис. 7. Результат выполнения запроса при *slu = 0*

Таким образом, предложен достаточно простой подход к реализации

подсистемы обеспечения информационной безопасности в RDF-хранилищах данных.

#### Список используемых источников

1. Joe Fawcett, Liam R. E. Quin, Danny Ayers. Beginning XML: 5th Edition. Indianapolis, IN. : Wiley, 2012. ISBN 978-1-1181-6213-2.
2. Язык запросов SPARQL для RDF. Рекомендация W3C. URL: <http://www.w3.org/TR/2008/REC-rdf-sparql-query-20080115/> (дата обращения 30.03.2017).

УДК 621.391

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ КОНФИГУРИРОВАНИЯ КОГНИТИВНЫХ РАДИОСИСТЕМ

**А. Н. Губин, В. Л. Литвинов, Ф. В. Филиппов**

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*Рассматриваются методы динамического конфигурирования когнитивных радиосистем на основе оценки состояния канала. Когнитивная радиосистема имеет возможность выбирать свою конфигурацию в зависимости от целей, профилей, состояния окружающей среды, предпочтений и т.д. Предложенный метод направлен на оценку различных конфигураций, в которых когнитивный передатчик может работать с максимальной скоростью. В целях повышения эффективности в отношении оценки конфигурации предлагается разрабатывать интеллектуальное решение с возможностью обучения на основе байесовских сетей.*

*когнитивное радио, интеллектуальная информационная система, байесовская сеть.*

Стремительное увеличение трафика мобильной передачи данных ведет к проявлению ряда противоречий:

- увеличивается спрос на услуги беспроводных сетей связи (на рабочие частоты) при конечности радиочастотных ресурсов.
- расширяется спектр услуг, представляемых беспроводными сетями, а также ужесточаются требования к их качеству.

Одним из эффективных методов разрешения перечисленных противоречий является использование новой технологии доступа к лицензированным полосам частот, в которых работают существующие пользователи. Эта технология носит название динамического доступа к спектру. Техно-

логия динамического доступа к спектру лежит в основе систем интеллектуального (когнитивного) радио и дает возможность нелицензированным пользователям получить доступ к частотному ресурсу наравне с лицензированными пользователями новыми методами [1].

Система когнитивного радио – радиосистема, способная получать сведения об особенностях собственной эксплуатации и на основе этих данных корректировать свои параметры работы. Когнитивное радио является примером применения в беспроводных телекоммуникационных системах элементов искусственного интеллекта. Таким образом, разработка интеллектуальных технологий построения когнитивного радио является востребованной.

Возможная архитектура представлена на рис. 1. В базе знаний содержатся данные о состояниях системы и возможных действиях. Устройство принятия решения выбирает, какое действие надо произвести. Подсистема обучения накапливает знания, полученные из накопленной информации (информации о занятости канала, вероятности ошибки в канале и т. п.). База знаний работает в двух режимах: определение состояния радиоэфира и осуществление действий по изменению параметров системы. Алгоритм обучения позволяет изменять как сведения о состоянии радиоэфира, так и список доступных действий, исходя из состояния эфира.

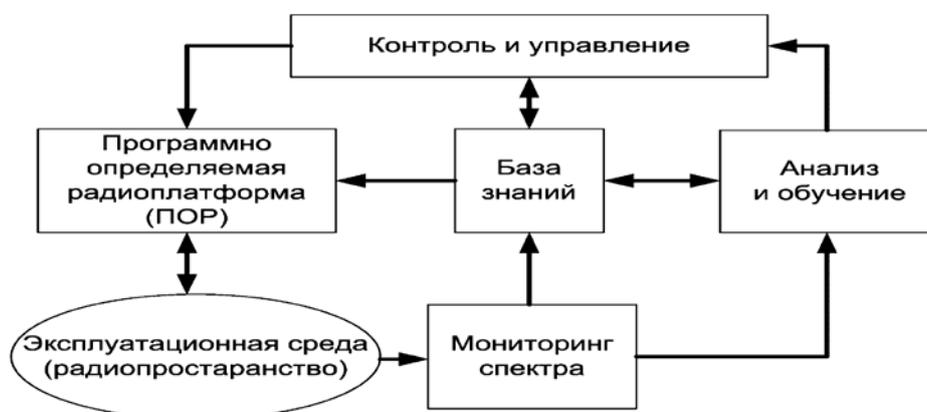


Рис. 1. Архитектура системы когнитивного радио с использованием искусственного интеллекта

Типичную когнитивную радиосистему можно разделить на три тесно взаимосвязанных этапа (рис. 2) [2, 3]. На этапе анализа радиосреды система должна обнаруживать в рабочих диапазонах изменения радиоэфира. На этапе оценки состояния канала сведения о состоянии канала собираются и также используются для оценки пропускной способности канала; кроме того, прошлый опыт и знания могут быть использованы в этой фазе. Наконец на этапе выбора лучшей конфигурации передатчика система выбирает

«лучшие» конфигурации для отправки оптимального сигнала, основанного на информации из предыдущих двух фаз. Это исследование нацелено на дополнение и повышение эффективности на этапе оценки состояния канала на основе интеграции знаний и опыта в процессе принятия решения.

Одним из современных подходов к реализации функций искусственного интеллекта в когнитивных радиосистемах является применение методов машинного обучения и в особенности байесовских сетей.

Байесовской сетью является графическая модель, отображающая вероятностные зависимости множества переменных и позволяющая проводить вероятностный вывод с помощью этих переменных [4].

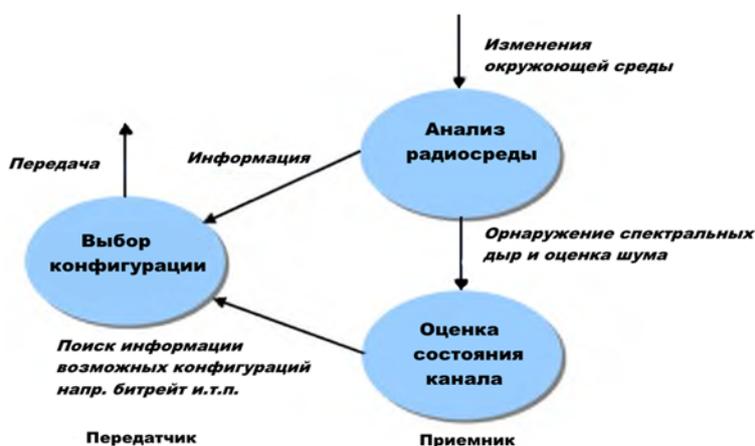


Рис. 2. Представление цикла когнитивной радиосистемы

Байесовские сети в 1990-х годах позиционировали как вероятностные экспертные системы, таким образом, история данного инструмента насчитывает более 20 лет, и в течение последних двух десятилетий было выполнено большое количество работ по разработке алгоритмов обучения и осуществления вывода с их помощью. В последнее время байесовские сети применяются в информационных и коммуникационных технологиях, медицине, биоинформатике.

На рис. 3 показан подход к разработке и решению проблемы с помощью байесовской сети. Цель заключается в том, чтобы связать каждого кандидата конфигурации с указанными возможностями. В байесовской сети случайная переменная CFG представляет конфигурацию, которая будет исследоваться, а случайная переменная BR представляет возможности конфигурации, например, максимальной скорости как рассчитанной с использованием теоремы Шеннона и информации о состоянии канала. CFG – атрибут прогнозирования (родительский узел) байесовской сети, в то время как BR является целевым атрибутом (узлом), который может принимать определенные значения из набора значений.

Метод основан на постоянном обновлении и введении значений условной вероятности ( $Bp$ ) в виде  $Bp[BR | CFG]$ , которые показывают вероятность того, что потенциал (в данном случае битрейт) будет на определенном уровне, учитывая, что используются определенные конфигурации.

Они организованы в условные вероятностные таблицы (УВТ). Каждый узел в байесовской сети имеет связанную УВТ для выражения вероятности его состояния с учетом родительских состояний. Рис. 4 изображает пример структуры УВТ. Каждый столбец УВТ относится к определенной конфигурации. Если есть  $n$  возможных конфигураций, УВТ будет включать в себя  $n$  столбцов. Каждая строка УВТ имеет соответствие значению максимальной скорости.



Рис. 3. Структурная схема байесовской сети

		CC-L	...		...
		CC-1	...		...
BR	...		$cfg_i$	...	...
$br_1$	...		$Bp[BR = br_1   CFG = cfg_i]$	...	..
$br_2$	...		$Bp[BR = br_2   CFG = cfg_i]$	...	..
...	...				..
$br_j$	...		$Bp[BR = br_j   CFG = cfg_i]$	...	..
...	...				..
$br_{ M }$	...		$Bp[BR = br_{ M }   CFG = cfg_i]$	...	..

Рис. 4. Структура условной вероятностной таблицы

Пусть  $M$  это дискретный набор значений скоростей. Без потери общности перечисление может быть сделано в возрастающем порядке (т. е.,  $br_1 < br_2 < \dots < br_{|M|}$ ). Ячейка на пересечении строки  $j$  и столбца  $i$  обеспечивает значение условной вероятности  $Bp[BR=br_j | CFG=cfg_i]$ , которая выражает вероятность того, что битрейт  $br_j$  будет достигнут, учитывая, что выбрана конфигурация  $cfg_i$ .

Стратегия обучения учитывает расчеты битрейта, которые получены с помощью информации о состоянии канала на этапе оценки канала, и в частности,

важно «расстояние» (абсолютная разница) между этими расчетными значениями и каждым эталонным значением. Предположим, что, по расчетам, определенной конфигурации можно достичь скорости  $br_{calc}$ . Это значение может быть использовано, чтобы уточнить (повысить или понизить) значение в таблице и, следовательно, увеличить точность оценки. Пусть  $dif_{max}$  будет максимальной разницей между значениями скорости, т. е.  $dif_{max} = br_{|M|} - br_1$ . Тогда можно вычислить коэффициент поправки  $cor_j$ :

$$cor_j = 1 - \frac{|br_j - br_{calc}|}{dif_{max}}.$$

Очевидно, что  $0 \leq cor_j \leq 1$ , и, значение близкое к единице, соответствует эталонному значению  $br_j$  и недалеко от расчетного значения  $br_{calc}$ , таким образом, соответствующее значение условной вероятности приобретает большее значение приоритета. Противоположным будет значение, которое будет близко к нулю.

Учитывая возможные вероятные конфигурации  $cfg_i$ , коррекция значений УВТ может быть сделана следующим образом для каждого кандидата  $br_j$ :

$$Bp[BR=br_j | CFG=cfg_i]_{нов} = L \cdot cor_j \cdot Bp[BR=br_j | CFG=cfg_i]_{стар}.$$

Параметр  $L$  является нормализующим фактором, который гарантирует, что суммы всех «новых» вероятностей будут меньше 1. Это может быть вычислено через следующие отношения:

$$L \cdot \sum_{j \in M} cor_j \cdot Bp [BR = br_j | CFG = cfg_i]_{стар} = 1.$$

Можно видеть, что схема предполагаемого обучения сводится к тому, что при значении условной вероятности, которая ближе всего к измеренному значению, это значение становится самым высоким. В этот момент другие условные вероятности, соответствующие другим кандидатам эталонных значений, либо понижаются, либо усиливаются меньше (т. е. имеют меньший вес).

#### Список используемых источников

1. Мирошникова Н. Е. Обзор систем когнитивного радио // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2013. Т. 7. № 9. С. 108–111.
2. Гуцин А. В., Литвинов В. Л. Методы распределения ресурсов в сетях когнитивного радио // Труды учебных заведений связи. 2016. Т. 2. № 3. С. 31–35.
3. Haykin S. Cognitive radio: brain-empowered wireless communications // IEEE Journal on Selected Areas in Communications. 2005. Vol. 23. No. 2. pp. 201–220.
4. Heckerman D. A tutorial on learning with Bayesian networks // Innovations in Bayesian Networks. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 2008. Vol. 156. pp. 33–82.

УДК 004.93

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ РЕЦЕПТИВНЫХ ПОЛЕЙ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

А. Н. Губин, В. Л. Литвинов, Ф. В. Филиппов

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*Обсуждаются результаты применения рецептивных полей различной формы. Приводится оценка влияния параметров сети на значение целевой функции. Предлагается использование редуцированных рецептивных полей для решения задачи распознавания изображений. Показано, что если допустить изменение формы РП путем устранения определенных связей, то можно получить выигрыш в скорости обучения за счет снижения взвешенной суммы входных сигналов нейронов.*

*распознавание образов, нейронные сети, рецептивные поля, ядра свертки.*

Архитектура сверточной нейронной сети (СНС) пытается в некоторой степени моделировать структуру и функционирование зрительной системы человека. В частности, анализ изображений осуществляется последовательностью шагов, выполняющих операции фильтрации и обобщения. Идея, заключающаяся в чередовании сверточных (*convolution*) и субдискретизирующих (*subsampling*) слоев, принадлежит Яну ЛеКуну и приведена на рис. 1 [1].

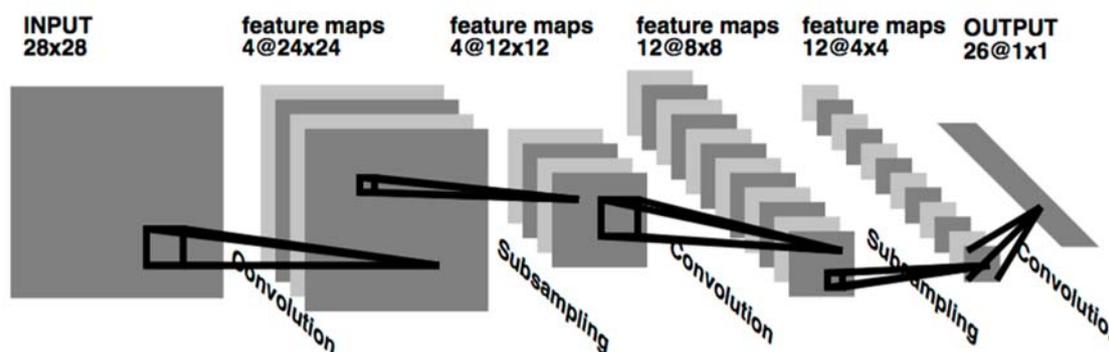


Рис. 1. Архитектура сверточной нейронной сети

Важным аспектом процесса фильтрации является формирование совокупностей карт признаков (*feature maps*) с последовательным уменьшением их размеров. Нас будут интересовать вопросы формирования карт признаков в сверточных слоях сети.

Ниже, в качестве иллюстрации, приведена схема формирования двух карт признаков  $24 \times 24$  из исходной карты размером  $28 \times 28$  (рис. 2). Основу фильтрации составляет операция свёртки, которая в СНС осуществляется путем «сканирования» обрабатываемых слоев рецептивным полем (РП) и формированием сигналов активации для нейронов следующего слоя, образующих карту признаков. Причем, для различных нейронов одной карты признаков используются одна и та же матрица весов, которую также называют ядром свёртки. На рис. 2 размер полей РП1 и РП2 равен  $5 \times 5$ , первое поле формирует карту признаков 1, а второе – карту признаков 2. Различие карт признаков 1 и 2 определяется разными ядрами свертки, обслуживаемыми РП1 и РП2.

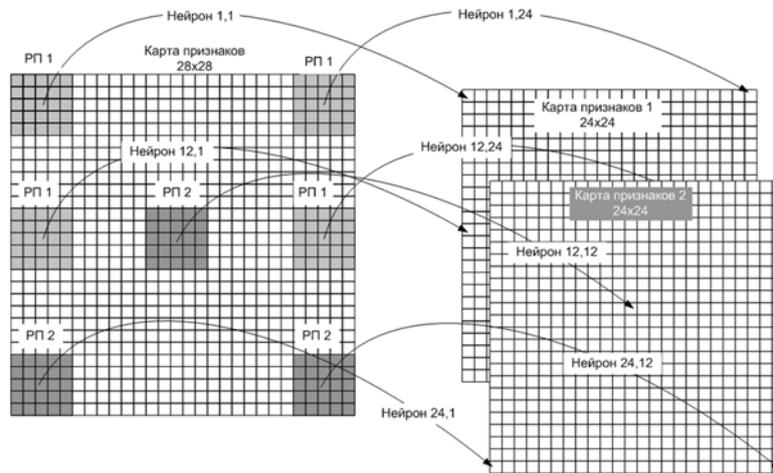


Рис. 2. Формирование карт признаков

Остановимся на особенности адаптации ядер свертки в процессе обучения СНС. В нашем случае, все 25 элементов ядра изначально устанавливаются в некоторые случайные значения  $w_{ij}(t)$ ,  $i, j = 1, 2, \dots, 5$ . Результатом первой эпохи будет коррекция этих значений на основании целевой функции ошибки:

$$E(w) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m (y_i - d_i)^2, \quad (1)$$

где  $m$  – число выходов,  $y_i$  – полученное значение,  $d_i$  – целевое значение  $i$ -го выхода.

С использованием метода градиентного спуска для коррекции ошибок, изменение веса производится по формуле:

$$\Delta w_{ij} = -\eta \cdot \frac{\partial E}{\partial w_{ij}}, \quad (2)$$

где  $\eta$  – параметр, определяющий скорость обучения.

Определим зависимость изменения целевой функции от параметров сети:

$$\frac{\partial E}{\partial w_{ij}} = \frac{\partial E}{\partial y_i} \cdot \frac{dy_i}{ds_j} \cdot \frac{\partial s_j}{\partial w_{ij}}, \quad (3)$$

где  $y_i$  – значение выхода  $i$ -го нейрона, а  $s_j$  – взвешенная сумма входных сигналов. Для первого сомножителя в (3) можно записать:

$$\frac{\partial E}{\partial y_i} = \sum_k \frac{\partial E}{\partial y_k} \cdot \frac{dy_k}{ds_k} \cdot \frac{\partial s_k}{\partial y_j} = \sum_k \frac{\partial E}{\partial y_k} \cdot \frac{dy_k}{ds_k} \cdot w_{jk}^{(n+1)}, \quad (4)$$

где  $k$  – число нейронов в слое  $n + 1$ . Последний сомножитель в (3):

$$\frac{\partial s_j}{\partial w_{ij}} = x_i \quad (5)$$

где  $x_i$  – значение  $i$ -го входа нейрона.

Для определения влияния на значение целевой функции  $n$ -го слоя сети, когда известно влияние  $n + 1$  слоя, введем переменную:

$$\delta_j^{(n)} = \frac{\partial E}{\partial y_i} \cdot \frac{dy_i}{ds_j}, \quad (6)$$

откуда, с учетом (4) получим рекурсивную формулу:

$$\delta_j^{(n)} = \left( \sum_k \delta_k^{(n+1)} \cdot w_{jk}^{(n+1)} \right) \cdot \frac{dy_i}{ds_j}. \quad (7)$$

Наконец, учитывая равенство (5), можно получить развернутое выражение для (2), позволяющее оценить величину изменения весовых коэффициентов:

$$\Delta w_{ij}^{(n)} = -\eta \cdot \delta_j^{(n)} \cdot x_i^n.$$

Таким образом, абсолютная величина коррекции пропорциональна скорости обучения, весам ядер свертки следующего слоя сети и активности нейронов текущего слоя. Чем меньше вес ядер, тем больше можно увеличивать скорость обучения без потери качественных характеристик сети. Предлагаемые модели СНС используют исключительно прямоугольные РП, и веса ядер формируются автоматически в процессе обучения. Если

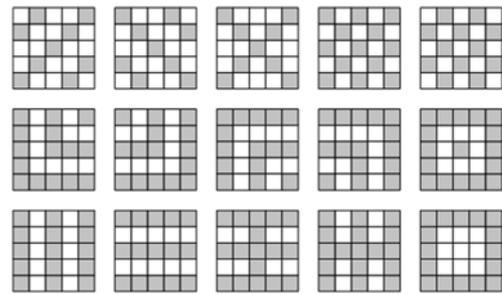


Рис. 3. Формы редуцированных рецептивных полей

допустить изменение формы РП путем устранения определенных связей, то можно получить выигрыш в скорости обучения за счет снижения взвешенной суммы входных сигналов нейронов. На рис. 3 представлены различные формы редуцированных РП (уменьшающие число связей от 32 до 64%). Естественно встает вопрос о допустимости и пределах допустимости подобного редуцирования. Прежде всего, отметим, что, исключая определенные

связи в соответствии с представленными на рис. 3 формами редуцированных РП, мы просто исключаем возможность их использования при обучении, оставляя те же возможности для оставшихся связей. Все представленные формы редуцированных РП, за исключением трех первых (уменьшающих количество связей на 64 %), обеспечивают полный анализ состояния всех нейронов карты признаков. Правильный выбор редуцированных РП для формирования соседних карт признаков может гарантировать полноту «сканирования» на каждом сверточном слое и не снижает «разрешающей способности» распознавания по сравнению с РП полного заполнения. Именно полнота «сканирования» позволяет надеяться на «охват главных компонент» [2].

Покажем справедливость последнего утверждения на простом примере. Для каждого входного изображения рис. 4 построим фрагмент размером 5×5 нейронов двух карт признаков КП<sub>р</sub> и КП<sub>п</sub>. Первую карту построим с помощью редуцированного РП<sub>р</sub>, а вторую с помощью РП<sub>п</sub> полного заполнения.

Будем считать, что в сети используются нейроны с функцией активации ReLU  $f(x) = \max(0, x)$  и для всех весовых коэффициентов установлены начальные значения  $w_{ij} = 0,04$ . Входные изображения представлены бинарными значениями 0 и 1. Результаты, представленные на рис. 4, показывают идентичность выделенных свойств изображений при использовании различных РП. Состояния нейронов карты признаков, сформированной с помощью редуцированного РП показывают, что разрешающая способность распознавания практически не снижается.

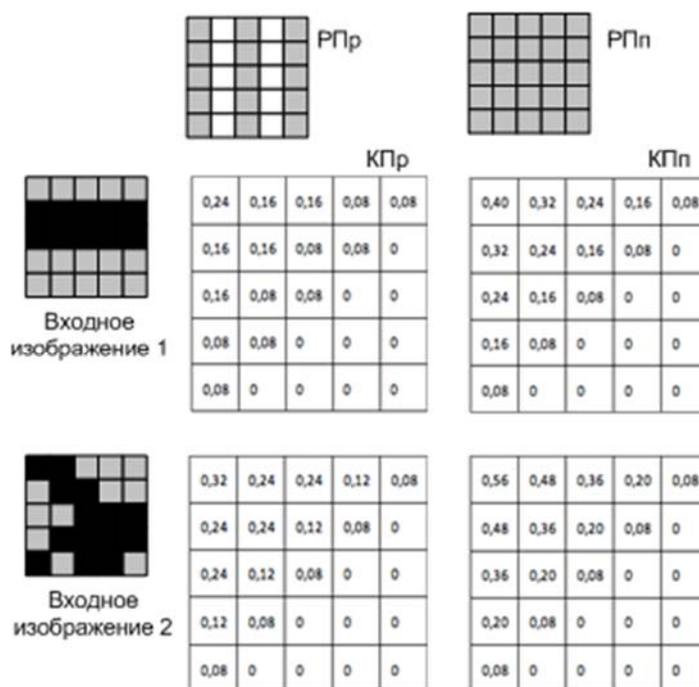


Рис. 4. Фрагменты карт признаков для двух изображений

Вместе с тем, легко оценить выигрыш по числу связей, который для первого сверточного слоя сети с архитектурой, представленной на рис. 1, составит более 23 тысяч ( $25 \times 24^2 \times 4 - 15 \times 24^2 \times 4$ ).

#### Список используемых источников

1. Y. LeCun and Y. Bengio: Convolutional Networks for Images, Speech, and Time-Series, in Arbib, M. A. (Eds). The Handbook of Brain Theory and Neural Networks, MIT Press, 1995.

2. Губин А. Н., Литвинов В. Л., Филиппов Ф. В. Использование метода главных компонент для распознавания графических объектов // Труды учебных заведений связи. 2016. Т. 2. № 3. С. 27–31.

УДК 004.416.6

## РЕИНЖИНИРИНГ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ТАБЕЛЬНОГО УЧЕТА

**Т. Д. Гуринова, В. Л. Литвинов**

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*В статье рассматривается задача повышения эффективности автоматизированного табельного учета фактически отработанных смен подземных трудящихся горнорудных предприятий Заполярного филиала компании ПАО «ГМК «Норильский Никель», функционирующих в условиях Крайнего Севера. До внедрения модернизированной автоматизированной системы в программном комплексе «Автотабельный учет подземных выходов трудящихся» отсутствовал механизм синхронизации данных между структурными единицами. Распределенная база данных состояла из, с одной стороны, обособленных, с другой – чрезмерно дублирующихся данных, что приводило к нарушению ссылочной целостности, и, зачастую, к их противоречивости и временным задержкам из-за перерасчета данных для программного комплекса.*

*реинжиниринг, табель учета рабочего времени, ИС «Персонал».*

Ведение табеля учета рабочего времени – закрепленная трудовым законодательством обязанность работодателя. Он необходим для регистрации фактически отработанного времени. Табель также позволяет контролировать соблюдение установленного рабочего режима. На его основании производится расчет оплаты труда, составляется статистическая отчетность.

Кроме того, в условиях работы под землей, табельный учет – это еще и безопасность труда горняков. Именно на шахтах появились первые системы автоматизированного табельного учета [1]. Не стал исключением и Норильский промышленный район (далее НПр).

На территории НПр, в районе Талнах, работают крупнейшие в России подземные рудники Заполярного филиала (далее ЗФ) ПАО «Горно-металлургическая компания «Норильский Никель» (далее Компания), осваивающие месторождения «Октябрьское» и «Талнахское»: рудник «Маяк», рудник «Комсомольский», рудник «Октябрьский», рудник «Таймырский», рудник «Скалистый» [2]. Табельный учет предприятий ведется посредством аппаратно-программного комплекса, который состоит из: считывателей, установленных на клетевых стволах при входе в шахту и выходе из шахты и на горизонтах рудника; устройств связи и аппаратно-программных средств, собирающих информацию со считывателей и накапливающих ее; программного комплекса «Автотабельный учет подземных выходов трудящихся» (далее ПК «АвтоТабель»), обрабатывающий информацию о спусках и подъемах для хранения в базе данных; программного комплекса «1С: Персонал Горно-рудных предприятий» (далее ПК 1С «Персонал»).

Документы, регламентирующие табельный учет в Компании: трудовой кодекс РФ, внутренние организационно-распорядительные и нормативно-методические документы Компании и ЗФ, коллективный договор ПАО «ГМК «Норильский никель» на 2015–2018 гг., нормативные положения структурного подразделения, техническое задание ПК «АвтоТабель».

На рис. 1 представлен процесс табельного учета подземных выходов трудящихся. В каждом структурном подразделении установлены контроллеры и системы управления ими. На руднике «Октябрьский» используется контроллер DL-405, на рудниках «Таймырский» и «Маяк» – система «Талнах». Рудники «Комсомольский» и «Скалистый» используют систему позиционирования горного транспорта СПГТ-41. Данные со считывателей содержат признак спуска/подъема, номер аккумуляторного светильника, с которым работник спускается в шахту, номер датчика, фиксирующего спуск/подъем и время события. Используемый на предприятии АРМ преобразовывает полученные отметки в файл обмена с расширением \*.dat или \*.dbf (в зависимости от используемой системы).

Полученный файл обрабатывается ПК «АвтоТабель», который ведет оперативный учет сотрудников, работающих под землей, учет времени, отработанного во вредных условиях труда, оперативный учет в условиях аварийной ситуации в шахте. Справочная информация о сотрудниках предприятия, режимах труда и кадровая информация транспортируются из программного комплекса 1С «Персонал». Так как таблицы, которые формируются посредством 1С и таблицы, с которыми работает FoxPro имеют разную

индексацию, прежде чем ПК «АвтоТабель» обработает полученную информацию, происходит процесс переиндексации таблиц. Данные по сотрудникам подрядных организаций вводятся вручную.

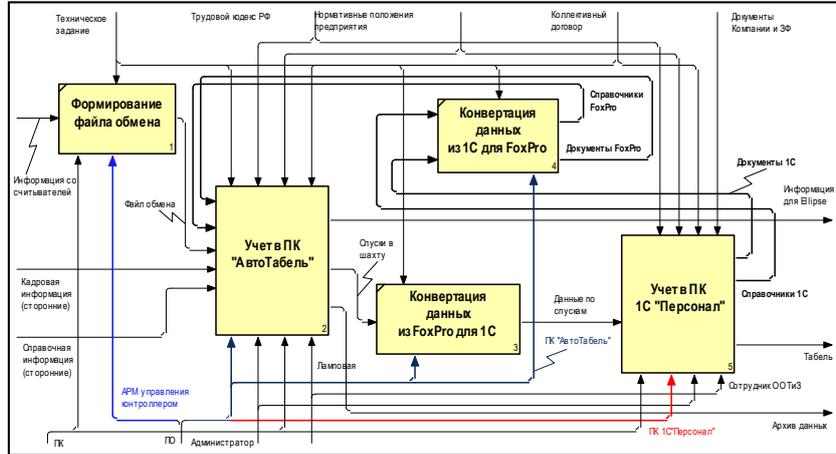


Рис. 1. Учет подземных выходов трудящихся

Далее информация по фактическим выходам в шахту выгружается в таблицы для ПК Ellipse и, после процесса конвертации, поступает в 1С, где ведется кадровый учет и на основании полученной информации формируется табель учета рабочего времени и зарплатные ведомости. Обмен данными между ПК «АвтоТабель» и ПК 1С «Персонал» осуществляется посредством таблиц с расширением \*.dbf. Документооборот процесса «Учет подземных выходов трудящихся» представлен на рис. 2.

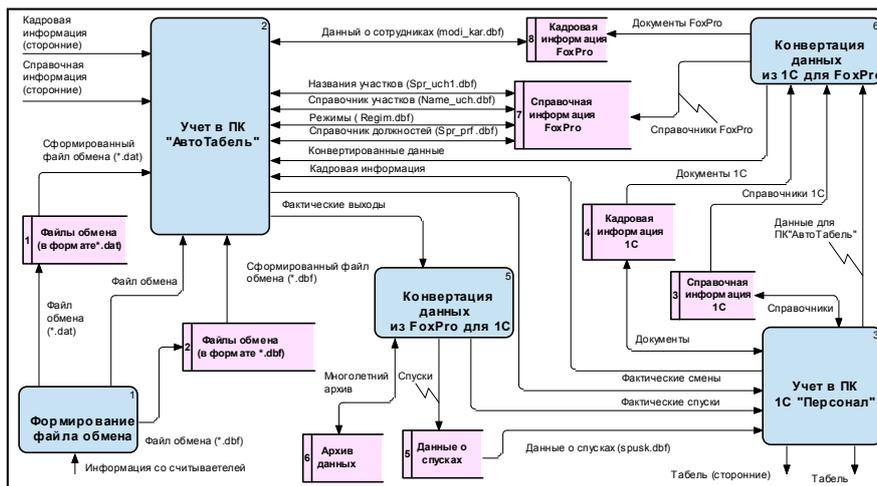


Рис. 2. Документооборот процесса «Учет подземных выходов трудящихся»

На всех рудниках установлена персональная версия ПК «АвтоТабель». В конце каждого месяца предприятия выгружают данные, которые поступают в отдел организации труда и заработной платы. Такой механизм не может обеспечить синхронную деятельность всех организационных структур.

Кроме того, в результате выгрузки-загрузки кадровой и справочной информации данные постоянно дублируются. Для формирования корректных значений по фактическим сменам требуется делать регулярный перерасчет, но из-за несвоевременного поступления данных результат может быть неверным.

Время идет, меняются технологии, требования к информационным системам растут. Вопросам повышения уровня безопасности на шахтах уделяется все больше внимания [3]. ПК «АвтоТабель» разработан в программной среде Visual FoxPro 5.0. За годы функционирования он неоднократно дорабатывался, в связи с чем, алгоритм листинга перегружен и неуниверсален. Описано и используется множество неактуальных функций и процедур, существенно снижающих производительность системы. Нет поддержки непротиворечивости данных, не продуман механизм исключений. Громоздкость и асинхронность структуры базы данных, в случае непредвиденных сбоев, делает процесс резервного копирования и восстановления информации весьма затруднительным. В связи с описанными недостатками появилась необходимость в реорганизации и модернизации структуры ПК. Для реализации проекта выбрана среда разработки 1С версии 7.7.

Тенденция времени позволяет использовать информационные системы с законодательной поддержкой развитой кадровой инфраструктуры, которой является интегрированная платформа со средой разработки 1С: Предприятие. В ЗФ Компании используется своя уникальная конфигурация «1С: Персонал Горнорудных предприятий», с годами накопленной базой данных, которая регулярно обновляется и дорабатывается. Для хранения информации использована СУБД MS SQL 2008. С целью повышения производительности работы используются прямые запросы, реализованные при помощи компоненты 1С++.

Процесс автоматизированного табельного учета (как должно быть) изображен на рис. 3. В отличие от первоначального варианта, в модернизированном варианте отсутствуют процессы конвертации данных. Информация обновляется посредством прямого подключения из ПК «1С Предприятие» к базе данных ПК «1С АвтоТабель» и, аналогично поступает информация о фактически отработанных сменах сотрудников. Все копии системы, имеют общую базу данных, обновления происходит в режиме реального времени, что решает проблему синхронизации.

Модель потоков данных процесса «Учет подземных выходов трудящихся» (как должно быть) отражена на рис. 4. Избежав процесса конвертации, удалось избавиться от промежуточных накопителей и тормозящих работу процессов.

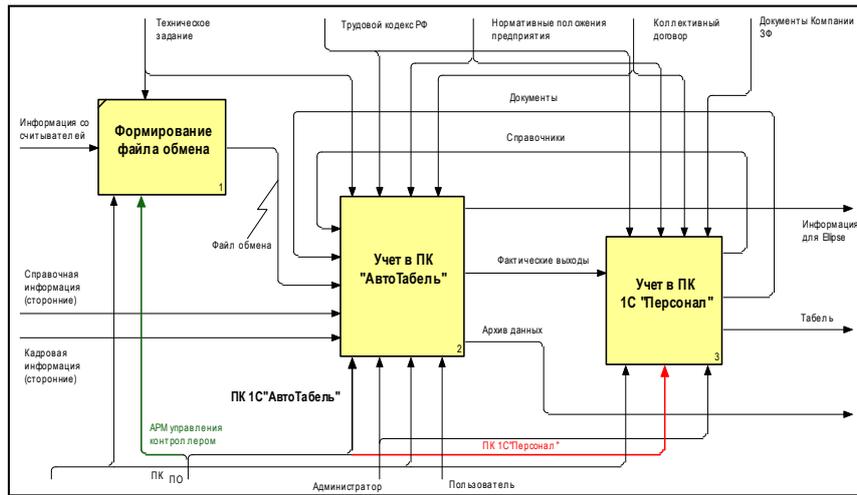


Рис. 3. Учет подземных выходов трудящихся (как должно быть)

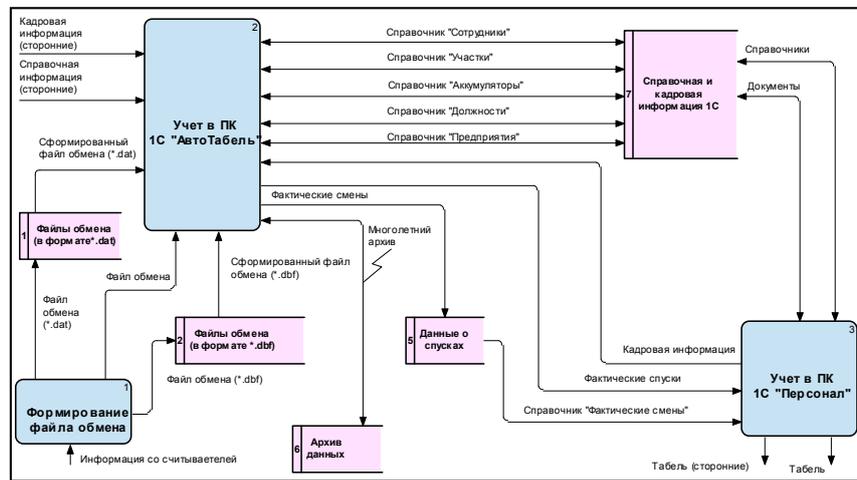


Рис. 4. Документооборот процесса «Учет подземных выходов трудящихся» (как должно быть)

В результате реинжининга процесса существенно изменились структура базы данных и способы хранения информации, налажена система ссылочной целостности.

В заключение следует отметить, что предполагаемая реорганизация приведет к существенному повышению надежности хранения и модификации данных. Решится проблема синхронизации данных на разных предприятиях Компании. Отпадает необходимость использования промежуточных файлов между программными комплексами 1С «Персонал» и «АвтоТабель» (FoxPro), следовательно, не используются процедуры их обработки. Обмен данными осуществляется посредством прямых запросов. Все вышеперечисленное позволяет сократить время формирования аналитических отчетов и доступа к данным на несколько порядков, обеспечивает гарантированный централизованный доступ к защищенным данным.

**Список используемых источников**

1. Брейман М. Г., Терещенко В. Н. К концепции автоматизации табельного учета горнодобывающих предприятий [Электронный ресурс] // Уголь: электрон. научн. журн. 2006. N 4. URL: <http://shtrih-m.kuzbass.ru/articles/4> (дата обращения 19.12.2016).

2. Толстов В. А. Летопись Норильска / 2-е изд., испр. и доп. Норильск: АПЕКС, 2007. 178 с.

3. Симановский Ю. А., Барабанщикова С. В. Системы автоматизированного табельного учета и определения местоположения персонала и техники в шахтах и на рудниках в комплексе «Галнах» [Электронный ресурс] // Горная Промышленность: электрон. научн. журн. 2006. N 3. URL: <http://www.mining-media.ru/ru/article/prombez/1093-sistemy-avtomatizirovannogo-tabelnogo-ucheta-i-opredeleniya-mestopolozeniya-personala-i-tekhniki-v-shakhtakh-i-na-rudnikakh-v-komplekse-talnakh> (дата обращения 21.12.2016).

**УДК 004.7:004.422.8****АРХИТЕКТУРА КОМПЛЕКСНЫХ  
СИСТЕМ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ  
С РАСПРЕДЕЛЁННЫМ ИНТЕЛЛЕКТОМ****Д. С. Гусев, Л. К. Птицына**

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*Представлены основания для развития интеллектуальных комплексных систем защиты информации. Описаны парадигмы интеллектуализации систем защиты информации. Систематизированы формальные подходы к обеспечению интеллектуализации систем защиты информации. Рассмотрены современные методы комплексирования систем защиты информации. Проанализированы методологии генерации модельно-аналитического интеллекта комплексных систем защиты информации. Определены альтернативные варианты функциональных спецификаций модельно-аналитического интеллекта. Предложена концепция распределения модельно-аналитического интеллекта по компонентам рассматриваемых систем. Приведены описания перспективных архитектур комплексных систем защиты информации с распределённым интеллектом.*

*информационная безопасность, система защиты информации, интеллектуализация, модельно-аналитический интеллект, распределение, архитектура.*

В последние годы наблюдается интенсивное наполнение содержания и методологии работ в области обеспечения информационной безопасности. Одним из основных артефактов в этой области являются комплексные системы защиты информации. По мере роста масштабов профессиональной

деятельности, погружаемой в информационные инфраструктуры, расширяются пространства полей возможных угроз и повышается степень априорной неопределённости относительно их описания и последствий воздействия на результаты труда. При этом возникает объективная потребность в преодолении априорной неопределённости и осуществлении рациональных действий, основой которых могут являться интеллектуальные технологии. Многообразие формальных методов интеллектуальных технологий может отображаться в широком спектре архитектурных решений комплексных систем защиты информации. В соответствии с приоритетными направлениями развития искусственного интеллекта, представленными в [1], парадигмы интеллектуализации систем защиты информации могут базироваться на когнитивном моделировании, автоматизации процесса проведения рассуждений и использовании рациональных агентов. В парадигме, предусматривающей когнитивное моделирование, формальные подходы к интеллектуализации комплексных систем защиты информации могут опираться на сочетание математических моделей, разрабатываемых в теории искусственного интеллекта, и экспериментальных методов, исследуемых в психологии. В парадигме, предусматривающей автоматизацию процесса проведения рассуждений, формальные подходы к интеллектуализации комплексных систем защиты информации могут базироваться на моделях и методах теорий логик и формальной теории убеждений. В этом случае главный акцент делается на автоматическое формирование правильных логических выводов. В парадигме, предусматривающей использование рациональных агентов, главная роль отводится таким действиям, при которых удаётся достичь наилучшего результата либо, в условиях неопределённости, наилучшего ожидаемого результата.

Выше представленные парадигмы, выделенные согласно теории искусственного интеллекта, могут дополняться новыми за счёт отображения знаний о результатах исследований в области информационной безопасности. Один из путей формирования дополнительной парадигмы связывается с формированием модельно-аналитического интеллекта комплексных систем защиты информации, учитывающим обширные возможности комплексирования систем. Современные методы комплексирования различаются по задействованным формам избыточности, присущей системам защиты информации. Среди задействованных форм выделяются: структурная избыточность аппаратных средств; структурная избыточность программных средств; структурная избыточность аппаратно-программных средств; функциональная избыточность аппаратных средств; функциональная избыточность программных средств; функциональная избыточность аппаратно-программных средств; временная избыточность.

Методы генерации модельно-аналитического интеллекта комплексных систем защиты информации при различных формах избыточности раскрываются в [2]. Помимо представленных различий, наблюдаются альтернативные тенденции в организации и распределении функциональных задач по комплексируемым системам защиты информации в соответствии с определёнными классами защищённости. В [3] представляются методы формирования модельно-аналитического интеллекта комплексных систем защиты информации, которые учитывают типовые приёмы комплексирования, соответствующие определённому классу защищённости. Наряду с выделенными методологическими разработками, проводятся исследования по выявлению новых возможностей при сочетании парадигмы, основанной на рациональных агентах, и парадигмы, предусматривающей введение модельно-аналитического интеллекта в их архитектуру. В [4] описывается методология формирования модельно-аналитического интеллекта агентов при преодолении априорной неопределённости относительно информационной инфраструктуры и при достижении целей по обеспечению информационной безопасности. Предлагаемые альтернативные варианты функциональных спецификаций модельно-аналитического интеллекта основываются на планируемой распределённости его компонентов по тем системам защиты информации, которые комплексируются в целях соблюдения требований, соответствующих определённому классу защищённости. Основные идеи предлагаемой концепции распределения модельно-аналитического интеллекта по компонентам комплексных систем защиты информации заключаются в следующих положениях:

- условия соответствия определённому классу защищённости остаются неизменными для всего жизненного цикла модельно-аналитического интеллекта;
- функциональные модели комплексных систем защиты информации соответствуют методологии объектно-ориентированного моделирования;
- в описаниях моделей присутствуют априорно неопределённые параметрические пространства и спецификации;
- комплексные системы защиты информации разворачиваются в распределённой инфраструктуре;
- каждая система защиты информации ориентируется на обнаружение, идентификацию и отражение определённого типа угроз.

Реализация изложенной концепции может осуществляться на множестве альтернативных архитектур комплексных систем защиты информации с распределённым интеллектом. Один из существенных признаков различий в архитектуре может заключаться в присутствии генератора модельно-аналитического интеллекта. Другой существенный признак различий в архитектуре может определяться допустимостью блуждания по инфраструктуре

как генератора модельно-аналитического интеллекта, так и результатов генерации в соответствии с поставленными целями. Различные комбинации введённых признаков позволяют сформировать базовые варианты перспективных архитектур комплексных систем защиты информации с распределённым интеллектом.

#### Список используемых источников

1. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект: современный подход: пер. с англ. 2-е изд. М. : Вильямс, 2007. 1408 с. ISBN 978-5-8459-0887-2.
2. Птицына Л. К., Птицын А. В. Архитектура ЭВМ и систем. Модели и методы анализа динамических характеристик программных систем защиты информации : учеб. пособие. СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2007. 131 с. ISBN 5-7422-1448-0.
3. Птицына Л. К., Дорофеева Е. В. Программное обеспечение компьютерных сетей. Разработка программного обеспечения в базе функций библиотеки MPI для оценки динамических характеристик параллельных программ: учеб. пособие. СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2006. 248 с. ISBN 5-7422-1352-2.
4. Птицын А. В. Методологический базис агентных технологий для обеспечения информационной защищённости // Научные технологии в космических исследованиях Земли. 2015. Т. 7. № 1. С. 50–55.

УДК 621.391

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ В СЕТЯХ КОГНИТИВНОГО РАДИО

**А. В. Гущин, В. Л. Литвинов**

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*В данной статье кратко излагаются принципы работы многопользовательских когнитивных радиосетей. Сделан обзор популярных методов распределения ресурсов в сетях с множественным доступом. Предложен новый алгоритм распределения ресурсов на основе алгоритма устойчивых паросочетаний. Произведен сравнительный анализ описанных алгоритмов.*

*когнитивное радио, устойчивые паросочетания, распределение ресурсов, теория игр, количественное измерение честности распределения.*

Последнее время все большую популярность приобретает идея повторного использования радиочастотного диапазона. Это связано с ростом популярности беспроводных технологий передачи данных и тем фактом,

что на более высоких частотах (верхняя часть диапазона СВЧ) высокоскоростная передача данных становится возможной только в зоне прямой видимости и только на небольшие расстояния. В то же время нижние радиочастотные диапазоны используют устаревшие технологии передачи, которые обладают низкой спектральной эффективностью. Задачу повторного использования радиочастотного диапазона может помочь решить технология когнитивного радио.

В рамках идеи повторного использования частотного диапазона с применением когнитивного радио, определяют понятия первичного и вторичного пользователя. Первичный пользователь – это приемопередающая радиосистема, которая осуществляет обмен данными в присвоенном ей диапазоне частот. Вторичный пользователь – это приемопередающая радиосистема, которая осуществляет передачу данных в том же диапазоне частот, что и первичный пользователь. Передача данных вторичного пользователя должна осуществляться в «белых пятнах» частотного и временного диапазона таким образом, чтобы первичный пользователь ничего не знал о вторичном пользователе и не испытывал его отрицательного влияния. «Белые пятна» могут быть как постоянными, так и переменными во времени. В зависимости от взаимного расположения первичного и вторичного пользователей «белые пятна» могут существовать для одного вторичного пользователя и отсутствовать для другого.

Наиболее передовой технологией для передачи данных и разнесения пользователей в сетях когнитивного радио является технология множественного доступа с ортогональным частотным разделением (OFDMA – *Orthogonal Frequency-Division Multiplexing Access*). Как правило, в централизованных сетях с множественным доступом OFDMA используется для передачи данных от базовой станции к конечному пользователю (нисходящая линия связи).

Для передачи данных от пользователя к базовой станции (восходящая линия связи) используют модификацию данной технологии – технология множественного доступа с частотным разделением с одной поднесущей (SC-FDMA – *Single-carrier FDMA*). Как и OFDMA, SC-FDMA позволяет достигнуть достаточно высокого значения параметра спектральной эффективности, но лишена недостатка, связанного с высоким значением пиковой мощности, что очень важно для мобильных устройств. Кроме того, SC-FDMA позволяет весьма гибко распределять частотный ресурс между различными пользователями.

Для систем когнитивного радио наиболее актуальна задача эффективного (справедливого) распределения частотно-временного ресурса между пользователями сети в зависимости от их потребностей и расположения [1]. Чтобы сравнить различные методы распределения ресурсов, необходимо

определить некоторые количественные параметры, с помощью которых будет проводиться сравнение. Наиболее естественными параметрами, в данном случае, являются пропускная способность  $C$  канала связи и честность распределения ресурсов  $F$ .

Поскольку в сетях когнитивного радио каждый пользователь должен непрерывно анализировать весь диапазон частот, в котором работает система, то каждому пользователю известно среднее значение соотношения сигнал/шум ( $SNR$ ) для каждого канала. Очевидно, что ввиду различного положения пользователей значение  $SNR$  одного и того же канала для различных пользователей может сильно отличаться. Для расчета пропускной способности следует воспользоваться формулой Шеннона-Хартли:

$$C = B \times \log_2(1 + SNR),$$

где  $B$  – ширина полосы пропускания,  $SNR$  – соотношения сигнал/шум в подканале для данного пользователя. Следует отметить, что значение пропускной способности, полученное при помощи данной формулы, является верхним пределом данного параметра.

Другой параметр – честность распределения ресурсов – должен демонстрировать степень взаимного влияния пользователей. Честность  $F$  показывает, насколько количество и качество ресурсов, которое получил один пользователь, влияет на количество и качество ресурсов, доставшихся другому пользователю. Как правило, распределение называют честным (или нечестным), если оно соответствует ряду критериев. Количественно честность выражается довольно редко. Однако в статье [2] предлагается логарифмическая мера честности и ее среднее значение для полученного распределения. Рассуждения автора основаны на рассуждения Шеннона о логарифмической мере информации. Собственную честность каждого пользователя (*self-fairness*) предлагается вычислять по формуле:

$$F_i = \frac{-\log p_i}{\log(N)},$$

где  $p_i$  – доля ресурсов, доставшаяся пользователю  $i$ ,  $\log(N)$  – коэффициент нормирования. Основание логарифмов может быть любым.

Для расчета средней честности распределения, также, как и у Шеннона, предлагается взвешенное суммирование значений собственной честности пользователей:

$$\bar{F} = \sum_{k=1}^N p_k F_k,$$

где  $N$  – количество пользователей,  $p_k$  – доля ресурсов, доставшаяся пользователю  $k$ ,  $F_k$  – собственная честность  $k$ -го пользователя.

В SC-FDMA – системах основным ресурсом являются выделяемые пользователю поднесущие. Фиксированное количество поднесущих образуют канал. В зависимости от размера выделяемой для системы полосы, скорости передачи данных, количества вторичных и первичных пользователей каждому вторичному пользователю может выделяться несколько каналов. В зависимости от технологии передачи данных используют различные методы распределения ресурсов.

Метод распределения ресурсов, который обеспечивает максимальную пропускную способность системы, называется алгоритмом распределения максимальной скорости (*Max Rate Algorithm*).

Суть данного алгоритма очень проста: пользователь, для которого SNR распределяемого канала максимально, получает данный канал. Очевидным недостатком данного метода является то, что если некий пользователь находится максимально близко к базовой станции, то он получит все ресурсы. Алгоритм распределения максимальной скорости обеспечивает максимально возможную пропускную способность, но минимальную честность распределения.

Циклический алгоритм распределения ресурсов (*Round-Robin algorithm* (RR)) довольно широко используется. В случае применения данного метода ресурсы распределяются последовательно между всеми пользователями. Round-Robin дает максимальное значение параметра честности и минимальное значение пропускной способности.

Существует компромиссный вариант между вышеописанными методами, который дает возможность настраивать параметр честности и пропускной способности. Данный метод называется алгоритм планирования с пропорциональной честностью (*Proportional Fair Scheduling algorithm* (PFA)) [3]. Данный метод выделяет ресурсы в первую очередь тем пользователям, для которых отношение средней пропускной способности и пиковой пропускной способности для данного ресурса максимально.

Таким образом, выбранный канал получает пользователь, для которого максимально отношение  $C_{k,n} / T_{k,n}$ , где  $C_{k,n}$  – пропускная способность для данного канала (считается по формуле (1)),  $T_{k,n}$  – средняя пропускная способность, которая считается по следующей формуле:

$$T_{k,n} = \begin{cases} \left(1 - \frac{1}{t_c}\right) T_{k,n}(t) + \frac{1}{t_c} C_{k,n}(t) & k = k^*(t) \\ \left(1 - \frac{1}{t_c}\right) T_{k,n}(t) & k \neq k^*(t) \end{cases},$$

где  $t_c$  – настраиваемый параметр усреднения. Чем больше  $t_c$ , тем меньшую честность и меньшую пропускную способность будет иметь распределение, и наоборот.

Ряд методов распределения ресурсов эффективных по Парето разработан в рамках теории игр. Свойство Парето-эффективности, в данном контексте, позволят получить распределение ресурсов при следующем распределении никак не хуже, чем при предыдущем распределении для всех пользователей.

В работе [1] предлагалось использовать «Алгоритм Циклов Наилучших Продаж Гейла» (*Gale's Top Trading Cycles* (ТТС)) для распределения ресурсов в сетях когнитивного радио. Данный алгоритм дает эффективное распределение ресурсов между пользователями с учетом их предпочтений относительно доступных каналов связи. Однако ТТС может распределять только один неделимый ресурс только одному пользователю. Поэтому предлагается сначала воспользоваться одним из описанных выше алгоритмов, затем условно разделить каждого пользователя на «подпользователей» согласно тому количеству ресурсов, которое досталось каждому абонентов. После этого необходимо провести повторное распределение с помощью ТТС.

На рис. 1 и 2 приведены результаты моделирования работы вышеописанных алгоритмов. В качестве первичного распределения для ТТС выбран Циклический алгоритм распределения ресурсов.

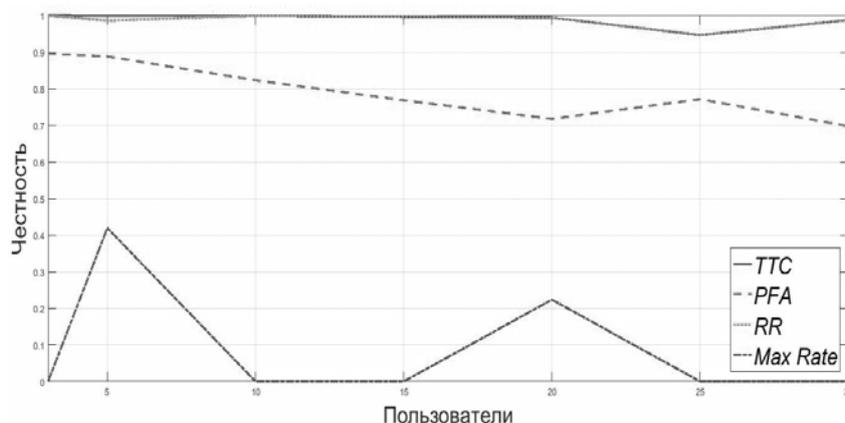


Рис. 1. Зависимость честности распределения от количества пользователей

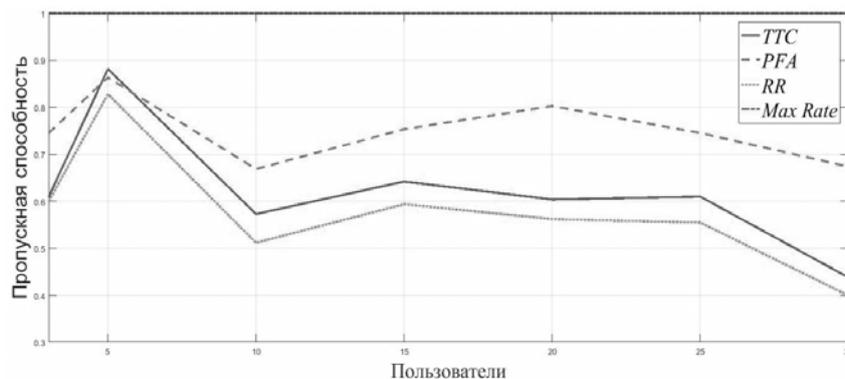


Рис. 2. Зависимость пропускной способности системы от количества пользователей

**Список используемых источников**

1. Гуцин А. В., Литвинов В. Л. Методы распределения ресурсов в сетях когнитивного радио // Труды учебных заведений связи. 2016. Т. 2. № 3. С. 31–35.
2. Elliott R. A Measure of Fairness of Service for Scheduling Algorithms in Multiuser Systems // Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering, February 2002. Vol. 3. PP. 1583–1588.
3. Kim H., Han Y. A Proportional Fair Scheduling for Multicarrier Transmission System // IEEE Communications letters. 2005. Vol. 9. № 3. PP. 210–212.

УДК 004.624

**АНАЛИЗ ИСТОЧНИКОВ ДАННЫХ И ИХ ФОРМАТОВ  
ДЛЯ СИСТЕМ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ  
ИНФОРМАЦИИ И СОБЫТИЙ БЕЗОПАСНОСТИ****Е. В. Дойникова<sup>1</sup>, А. В. Федорченко<sup>1</sup>, А. А. Чечулин<sup>1,2</sup>**<sup>1</sup>Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации Российской академии наук<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*В данной работе описываются результаты исследования источников данных для формирования и применения гибридного хранилища информации безопасности. Приводятся возможные источники данных безопасности, а также обзор форматов представления данных в этих источниках. Для каждого источника анализируются основные достоинства и недостатки, влияющие на проектирование, разработку и эксплуатацию гибридного хранилища. В рамках дальнейшего исследования планируется разработать архитектуру нового гибридного хранилища данных, использование которого позволит повысить эффективность систем аналитической обработки информации и событий безопасности.*

*информационная безопасность, источники данных, информация и события безопасности, аналитическая обработка данных.*

В настоящее время задача защиты информационно-вычислительных систем обеспечивается различными данными, описывающими определенные аспекты безопасности. На текущий момент существует более 10 различных видов информации безопасности. Для мониторинга ситуации по безопасности и принятия решений по защищенности эти данные собираются, обрабатываются и анализируются системами аналитической обработки информации и событий безопасности. Подобные данные аккумулируются в отдельные хранилища. Проблема заключается в том, что каждый вид дан-

ных может быть представлен несколькими источниками. Помимо этого, сопровождение каждого хранилища производится недостаточно согласовано по отношению к другим хранилищам такого же вида информации. Также проблема использования различных баз данных для выполнения задачи обеспечения безопасности усугубляется непрерывно возрастающим объемом хранимой информации и значительными различиями между форматами описания их записей. Данная работа посвящена анализу различных видов данных безопасности, их источников и форматов, а также выделению существенных недостатков при хранении и обработке информации подобного рода. Целью исследований является формирование общего представления о данных, используемых для выполнения задачи обеспечения безопасности и формирования гибридного хранилища информации безопасности.

Ранее анализ источников информации безопасности и их форматов широко рассматривался в литературе. В работе [1] рассматриваются источники баз уязвимостей и их форматов представления. В работе [2] описывается формат SCAP (*Security Content Automation Protocol*), включающий несколько видов информации безопасности: уязвимости, конфигурации, платформы, метрики уязвимостей и другие. В [3] подробно рассматривается база CAPEC (*Common Attack Pattern Enumeration and Classification*) [4] и примеры её использования для задачи оценки защищенности компьютерных инфраструктур.

Отдельно отметим проекты, направленные на структуризацию и объединение данных безопасности. Как правило, данные работы касаются информации об уязвимостях, эксплойтах и программно-аппаратных продуктах, поскольку именно эти данные расширяются и используются намного активнее других. Так проект [5] предоставляет обобщенную информацию об уязвимостях и их реализациях в виде эксплойтов, поддерживает поиск информации по ключевым словам, названию продукта и многим другим. Работа [6] посвящена разработке интегрированной базы уязвимостей, включающей структурированную и обобщенную информацию об уязвимостях из разных источников, а также расширенный словарь продуктов.

В рамках данного исследования, в результате анализа типов и форматов описания информации безопасности, все данные были разделены на два класса: с условно-статичным и с динамичным содержимым. Основное отличие информации из представленных классов заключается в характере ее изменчивости. Данные с условно-статичным содержимым после добавления в какое-либо хранилище как правило не изменяются (за исключением редких случаев корректировки и дополнения информации). Данные с динамичным содержимым, даже будучи жестко-структурированными, отображают характеристики описываемых аспектов безопасности в реальном масштабе времени, то есть их непосредственное использование через значительный

интервал времени будет малоэффективно. В текущем рассмотрении информации безопасности к данным с динамичным содержанием относятся события, как результат действия или попытки к совершению действия, формируемый либо источником действия, либо системой его обработки, а также обладающим специфическими свойствами, описывающими само действие. Также стоит внести ясность в понятия вид и источник информации безопасности. Под видом понимается отдельный класс объектов, характеризующих определенный аспект безопасности (уязвимость, слабость и т. д.). Под источником подразумевается конкретная база, предоставляющая сведения об отдельном виде информации.

Наиболее обширным видом информации безопасности, как по общему объему, так и по количеству источников, являются описания уязвимостей. На данный момент наиболее распространенной базой уязвимостей является CVE (*Common Vulnerabilities and Exposures*) [4]. Ключевыми полями описания уязвимостей в формате CVE являются: уникальный идентификатор источника; текстовое описание уязвимости; ссылка на другие источники описания уязвимости; дата публикации и статус уязвимости (кандидат или проверенная уязвимость). Расширенной версией CVE является база NVD (*National Vulnerability Database*) [7], содержащая дополнительные поля: список и конфигурацию программно-аппаратного обеспечения (в формате CPE [4]), подверженного уязвимости; оценку уязвимости в системе CVSS (*Common Vulnerability Scoring System*) [8]; результат эксплуатации уязвимости и идентификатор слабости (CWE) [4], используемой для реализации уязвимости. Последнее поле не является обязательным и зачастую имеет недостаточно точную характеристику, так как преимущественно используются только верхнеуровневые классификаторы слабостей. Прочие источники описания уязвимостей, такие как OSVDB [9], X-Force [10] и BugTrack [11], содержат схожие по смыслу поля. Главным недостатком данных баз является неунифицированное представление уязвимых продуктов и отсутствует описание их конфигурации. К достоинствам использования различных источников описания уязвимостей следует отнести расширение доступной информации, что может быть полезным для формирования гибридного хранилища данных безопасности.

Базы (словари) программно-аппаратных средств используются для выявления существующих в системе уязвимостей и также имеют определенный формат описания записей. Так, упомянутый выше словарь CPE (*Common Platform Enumeration*) [4] версии 2.2 имеет следующие поля записи: тип; имя производителя; название продукта; версия; модификация; редакция; язык. Версия 2.3 дополняется полями: архитектура; аппаратная платформа; программная платформа. Данное расширение должно более точно определять различные программно-аппаратные средства в словаре, однако, ввиду особенностей формата записи в словаре, нередко возникают

проблемы с однозначной идентификацией продукта. Более совершенный вид словаря программно-аппаратных средств имеет формат CVRF (*Common Vulnerability Reporting Framework*) [12] с иерархичным представлением различных разновидностей продуктов и добавленными полями: номер сборки; спецификация и другими. Однако в указанном формате словарь продуктов на настоящий момент опубликован не был.

Информация об эксплойтах представляет собой описание практической реализации конкретной уязвимости, и как правило содержит поля: уникальный идентификатор источника; программно-аппаратные средства, в которых реализуется уязвимость; детали эксплуатации; программный код, направленный на нарушение безопасности.

Базы конфигураций содержат информацию о корректной и безопасной настройке конкретных программных средств. На данный момент в форматизованном виде существует единственная открытая база подобного вида информации безопасности – «Общее перечисление конфигураций» (*Common Configuration Enumeration, CCE*) [4]. Формат указанной базы содержит поля: уникальный идентификатор; текстовое описание настраиваемого компонента платформы; неформатированное имя платформы; параметры настройки конфигурации; технические детали механизма настройки конфигурации, указывающие на расположение опциональных полей (путь в файловой системе, имя параметра в конфигурационном файле, ветка реестра и др.); ссылки на источники рекомендаций по настройке текущей конфигурации (как правило, на сайте разработчика платформы).

Шаблоны атак являются ключевым видом информации безопасности для обнаружения и предотвращения атакующих действий на распределенные и связанные сетью объекты защищаемой инфраструктуры. В качестве основного источника описания указанного вида информации выступает база CAPEC [4] со следующими полями формата представления: уникальный идентификатор источника; идентификаторы примеров уязвимостей; идентификаторы слабостей, используемых при атаке; текстовое описание атаки; ссылки на дополнительное описание отдельных этапов или деталей атаки (используемые уязвимости, эксплойты, программно-аппаратное обеспечение и др.).

Информация о слабостях системы с точки зрения безопасности на данный момент представляется в виде классификации, содержащей в иерархическом виде следующие поля: категории; классы; базовые слабости и варианты. Каждый элемент имеет уникальный идентификатор общепринятого источника CWE (*Common Weaknesses Enumeration*) [4].

Хранилищами для сбора событий являются журналы операционных систем, приложений, сервисов и других всевозможных источников и сенсоров. В связи с этим, форматы описания событий в разных журналах значительно отличаются друг от друга. Между тем, практически все форматы

представления событий обладают и общими полями (свойствами): дата и время создания события; глобальный тип события (информация, внимание, предупреждение, ошибка, аудит успеха, аудит отказа); собственный тип, указывающий на конкретное действие, которое описывается в событии; источник события (сенсор, приложение и прочие) и некоторые другие. В отличие от информации с условно-статичным содержимым, отсутствующие значения некоторых полей в записях событий могут быть частично восстановлены. Например, собственный тип события в неявном виде может быть отнесен к определенной категории событий, не указывающейся в записи журнала. Подобная ситуация и с категориями свойств событий. Задача хранения, обработки и дальнейшего использования событий как информации безопасности реализуется в модуле корреляции системы аналитической обработки информации и событий безопасности. При выполнении этапа нормализации производится соотнесение форматов журналов событий между собой, а при непосредственной корреляции – формирование высокоуровневых событий в гибридном хранилище информации безопасности.

В результате проделанной работы были рассмотрены основные виды информации безопасности, их источники и форматы описания. Выделены достоинства и недостатки текущего представления данных, а также проанализированы их свойства для формирования гибридного хранилища информации безопасности. На следующем этапе будут проанализированы связи между различными данными безопасности и их источниками для применения в задаче анализа и повышения уровня защищенности. На основе этого будет определена архитектура гибридного хранилища информации безопасности.

Работа выполнена при поддержке Гранта президента Российской Федерации (МК-314.2017.9).

#### Список используемых источников

1. Федорченко А. В., Чечулин А. А., Котенко И. В. Исследование открытых баз уязвимостей и оценка возможности их применения в системах анализа защищенности компьютерных сетей // Информационно-управляющие системы. 2014. № 5. С. 72–79.
2. Котенко И. В., Дойникова Е. В. Анализ протокола автоматизации управления данными безопасности SCAP // Защита информации. Инсайд. 2012. № 2. С. 56–63.
3. Котенко И. В., Дойникова Е. В., Чечулин А. А. Общее перечисление и классификация шаблонов атак (CAPEC): описание и примеры применения // Защита информации. Инсайд. 2012. № 4, С. 54–66.
4. MITRE. URL: <https://www.mitre.org/capabilities/cybersecurity/overview/cybersecurity-resources/standards> (дата обращения 27.03.2017).
5. Vulners. URL: <https://vulners.com/> (дата обращения 27.03.2017).
6. Andrey Fedorchenko, Igor Kotenko and Andrey Chechulin. Design of integrated vulnerabilities database for computer networks security analysis. 23th Euromicro International Conference on Parallel, Distributed, and Network-Based Processing (PDP 2015). Turku, Finland, March, 2015. IEEE Computer Society. 2015. PP. 559–566.

7. Nation Vulnerability Database. URL: <https://nvd.nist.gov/> (дата обращения 27.03.2017).
8. Common Vulnerability Scoring System. URL: <https://www.first.org/cvss> (дата обращения 27.03.2017).
9. Open Source Vulnerability Data Base. URL: <https://blog.osvdb.org/> (дата обращения 27.03.2017).
10. IBM X-Force Threat Intelligence. URL: <https://www-03.ibm.com/security/xforce/> (дата обращения 27.03.2017).
11. Security Focus. URL: <http://www.securityfocus.com/> (дата обращения 27.03.2017).
12. Common Vulnerability Reporting Framework. URL: <http://www.icas.org/cvrf/> (дата обращения 27.03.2017).

**УДК 654.739**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ И ПОДДЕРЖКИ КОМФОРТНОЙ СРЕДЫ**

**В. О. Долгун, В. Л. Литвинов**

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*В статье рассмотрены принципы построения информационной интеллектуальной системы для регулирования микроклимата помещений жилого дома на основе требований и пожеланий пользователей, что позволяет обеспечить эффективное управление энергосберегающими системами. Приведены требования, предъявляемые к интеллектуальной системе. Коротко рассмотрены основные направления развития интеллектуальной системы. Подчеркнуты востребованность и необходимость изучения направления влияния интеллектуальных систем на уровень жизни пользователей.*

*сенсоры, микроклимат, пользователи, интеллектуальная система управления, сохранение энергии, экспертные системы.*

В последнее время сложно представить систему обеспечения микроклимата помещения без системы автоматического управления. Система автоматического управления микроклиматом дает возможность снизить затраты на энергопотребление за счет оптимизации работы оборудования. Система управления климатом беспрепятственно внедряется в систему централизованного контроля и управления информационными, коммуникационными и инженерными системами, то есть в систему оперативного кон-

троля и управления на предприятиях, основанных на применении современных средств передачи и обработки информации. Также не стоит забывать, что система автоматического управления микроклиматом увеличивает долговечность системы управления в целом и служит защитой отдельных ее компонентов от выхода из строя оборудования из-за воздействия различных факторов окружающей среды.

В качестве примера применения энергосберегающих технологий можно привести системы байпасирования, рециркуляции и частотный преобразователь для изменения скорости вращения вентилятора.

С позиции проведения энергосберегающих мероприятий можно выделить автоматизированную систему управлением процессами системы для снижения или повышения температуры в зависимости от окружающей среды, времени суток, дня недели, температуры за объектом, прерывистого отопления, вентиляции помещения, учета воздушного объема помещения, поддержания статического давления в приточной воздушной магистрали и т. д.

Внедрение нового и высококачественного оборудования является важным требованием при построении систем автоматического управления климатом, что, в свою очередь, делает возможным обеспечивать точное регулирование температуры и влажности.

Если рассматривать применение системы автоматического управления климатом для жилых помещений, таких, как загородный дом, квартира, то система предназначена для организации комфортных условий для пребывания пользователя в помещении. От системы требуется поддержка заданного режима температуры и влажности. Не стоит забывать, что у каждого пользователя (человека) свои оптимальные параметры микроклимата, так как кому-то нравится более теплый и сухой климат, а другим – холодный и влажный.

Процесс настройки и поддержания оптимальных параметров микроклимата для одного человека является простейшим вариантом, так как учитываются пожелания только одного субъекта. Когда возникает необходимость настройки системы микроклимата для нескольких субъектов, то система должна содержать алгоритмы подстройки оборудования для каждого пользователя, иначе реализация практически невозможна.

Каждое из вышеперечисленных технологических решений предоставляет возможность пользователю целенаправленно использовать и экономить энергетические ресурсы. Желание создать единую систему, которая, в свою очередь, могла бы объединить в едином комплексе все устройства и технологии по энергосбережению до уровня, при котором сохраняются параметры микроклимата помещения, требует применения соответствующей системы автоматического управления.

С ростом технологий и их зоной применения часто бывает так, что используемое в проекте дорогостоящее оборудование используется не полно из-за недостатка знаний у инженеров системы обеспечения микроклиматом в области системы автоматического управления и непонимания термодинамических процессов обработки воздуха, процесса формирования микроклимата [1].

Чтобы не допустить данной ошибки, нужно предложить проектировщикам на этапе разработки помещения готовое и многофункциональное решение по автоматическому управлению системой обеспечения микроклимата. Данное решение должно сочетать в себе систему обеспечения микроклимата и алгоритмы системы автоматического управления на единой платформе. Единая система имеет огромное количество преимуществ, таких, как нахождение оптимальных вариантов сочетания технологий и оборудования, так и выбор алгоритмов функционирования при различных воздействиях на систему. Единая система должна использоваться на свободных программируемых контроллерах с большим объемом физической памяти, чтобы выполнять поставленные перед ней задачи.

Применение такой системы на практике практически не встречается, так как это связано с большими трудностями реализации автоматизированного алгоритма между системой обеспечения микроклимата и системой автоматического управления. Сложность всей разработки заключается в том, что недостаточно изучен процесс взаимодействия системы обеспечения микроклимата и самих процессов управления на единой платформе, которая позволяла бы достичь максимальной энергоэффективности. Другие трудности, которые могут возникнуть – это жестко программируемые контроллеры, прошитые на заводе, что ограничивает пользователя рамками жесткой логики контроллера. Существуют и свободно программируемые контроллеры с загруженной на них программой, которую написала фирма – поставщик для выполнения определенных задач, но задачи иногда могут не соответствовать целям.

Возможны несколько вариантов поддержания заданных параметров микроклимата в помещении [2]:

1) При определенных параметрах климата снаружи и микроклимата внутри системы выбирает заранее predetermined алгоритм управления системой обеспечения микроклимата.

2) Система управления автоматически просчитывает всевозможные вариации решений и выбирает один из тех, которые отвечают поставленным задачам.

Первый случай наиболее простой, так как требуется разработать систему с множеством вариантов ее использования, а во втором случае системе автоматического управления необходимо самой синтезировать алгоритм для достижения стоящих перед ней целей. Например, оптимизация

энергопотребления должна быть последовательностью управляющих действий для получения нужных параметров микроклимата при изменяющихся внешних факторах.

В таком случае система автоматического управления будет собирать и анализировать информацию от датчиков об окружающей среде и о состоянии самой системы обеспечения микроклимата, просчитывать всевозможные алгоритмы и выбирать нужные, после чего будет запускаться последовательность действий, то есть будет генерироваться алгоритм для выполнения заданной цели. Причем сам алгоритм действий или же сама цель могут меняться в процессе, исходя из целевой функции и внешних факторов. Таким образом, система управления становится в полном смысле интеллектуальной.

Можно сделать следующие выводы, что на сегодняшний день высокоинтеллектуальные системы регулирования микроклимата помещений являются неотъемлемой частью систем «Умный дом», однако практически не существует готовых интеллектуальных решений, которые способны адаптироваться к требованиям каждого пользователя.

#### Список используемых источников

1. Кувшинов Ю. Я. Динамические свойства помещения с регулируемой температурой воздуха // Известия вузов. Строительство и архитектура. 1993. № 4. С. 87–91.
2. Мансуров Р. Ш. Экспериментальное исследование переходных процессов в системах обеспечения микроклимата // Сборник докладов 4-й международной научно-технической конференции «Теоретические основы теплогазоснабжения и вентиляции». М. : МГСУ, 2011. С. 20–25.

УДК 004.7:004.422.8

## ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ИНФРАСТРУКТУРЫ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

**Е. Ю. Егоров, Л. К. Птицына**

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*Представлена значимость предпринимательской деятельности в развитии экономики информационного общества. Выделено множество типовых профилей инфраструктуры предпринимательской деятельности. Рассмотрены расширения типовых*

*профилей инфраструктуры предпринимательской деятельности за счёт использования современных инфокоммуникационных технологий. Разработана концепция оценки качества инфраструктуры предпринимательской деятельности. Предложена система показателей качества инфраструктуры предпринимательской деятельности. Выбраны формализации для определения и оценки качества. Описан математический аппарат для оценки качества предпринимательской деятельности с применением интеллектуальных технологий.*

*предпринимательская деятельность, инфраструктура, профиль, качество, оценка, интеллектуальная технология.*

Неотъемлемой составляющей инфраструктуры экономики знаний является инфраструктура предпринимательской деятельности. Предпринимательская деятельность определяется как самостоятельная, осуществляемая на свой риск деятельность граждан и их объединений, направленная на систематическое получение прибыли от пользования имуществом, продажи товаров, выполнения работ или оказания услуг лицами, зарегистрированными в этом качестве в установленном законом порядке [1].

В экономическом контексте предпринимательская деятельность представляется ключевым элементом хозяйственного механизма. Инфраструктура предпринимательской деятельности формируется в соответствии с общепринятым пониманием термина инфраструктуры. В процессе формирования рассматривается совокупность отраслей, предприятий и организаций, видов их деятельности, предназначенных для обеспечения и создания условий для нормального функционирования производства и обращения товаров, выполнения работ или оказания услуг, а также жизнедеятельности людей.

В контексте отношений с социумом различаются социальный и производственный профиль инфраструктуры. В контексте инноваций выделяются профиль инфраструктуры предприятия, профиль финансовой инфраструктуры, профиль поддержки субъектов предпринимательства, профиль государственно-частного партнёрства, профиль инфраструктуры товарного рынка, профиль информационной инфраструктуры, профиль транспортной инфраструктуры, профиль инфраструктуры инновационного предпринимательства, профиль инфраструктуры регулирования и саморегулирования консалтинговых услуг.

Состав и свойства инфраструктур предпринимательской деятельности находятся в непосредственной зависимости от её масштабности и технологических укладов, которые характерны для временных и пространственных областей, сопряжённых с ней.

В настоящее время в зависимости от характера распределённости партнёрских связей предпринимательская деятельность осуществляется, как правило, в среде пятого или (и) шестого технологического уклада.

Пятый технологический уклад определяется сочетанием и конвергенцией информационных и коммуникационных технологий. Характерными особенностями пятого уклада считаются: создание и совершенствование новых технологий, систем, средств, оборудования на базе микроэлектроники, вычислительной техники, компьютерных сетей и телекоммуникаций; развитие информационных сетей и их ресурсов; расширение услуг на базе Web-сервисов; образование и активное использование новых информационных и транспортных инфраструктур.

Одной из основных отличительных особенностей шестого технологического уклада является генерация гипертехнологий для транснациональной организации производства.

При шестом технологическом укладе наблюдается систематизация, применение, обработка, передача, обработка и генерация знаний, обеспечивающих высокие темпы развития технологий наукоёмкой продукции в пространстве отраслевого многообразия жизнедеятельности.

Вариации в масштабах и технологических укладах среды, окружающей предпринимательскую деятельность, становятся главной причиной зарождения новых подходов к формированию её инфраструктуры, при которых учитываются архитектура кластеров высоких технологий, особенности территорий развития, организация и функциональные возможности распределённых систем обмена знаниями и центров трансфера технологий, гетерогенность сетей, виртуализация научно-образовательно-производственных сред.

В подобных условиях многообразии современных инфокоммуникационных технологий рассматривается как опорный базис для киберинфраструктуры, гибко профилируемой в зависимости от целевой направленности деятельности.

Представленными основаниями предопределяется расширение как возможных, так и типовых профилей инфраструктуры предпринимательской деятельности. Неоднозначность профилирования инфраструктуры и априорная неопределённость её влияния на результативность предпринимательской деятельности обуславливает объективную необходимость разработки концепции оценки качества инфраструктуры предпринимательской деятельности.

Предлагаемая концепция базируется на следующих принципах:

- оценка качества инфраструктуры предпринимательской деятельности определяется как один из процессов реализации методологии анализа эффективности предпринимательской деятельности;
- выбор показателей качества инфраструктуры согласуется с критериями эффективности предпринимательской деятельности;
- инфраструктура предпринимательской деятельности является компонентом инфраструктуры экономики знаний;

- профилирование инфраструктуры предпринимательской деятельности основывается на онтологическом подходе к формированию её модели в соответствии с обобщённой моделью инфраструктуры экономики знаний;
- онтологическая модель инфраструктуры предпринимательской деятельности используется как первоисточник генерации множества концептуальных моделей;
- каждая концептуальная модель трансформируется во множество классов функциональных моделей;
- каждое множество функциональных моделей инфраструктуры предпринимательской деятельности сопровождается базисом методов их анализа, обеспечивающих определение выбранных показателей качества;
- базис методов анализа моделей инфраструктуры предпринимательской деятельности предусматривает преодоление априорной неопределённости относительно описания выделенных профилей и подтверждение корректности определяемых оценок.

Для анализа качества инфраструктуры предпринимательской деятельности формируется следующая система показателей:

- вероятность получения планируемой прибыли к намеченному сроку;
- вероятность срыва временного регламента получения прибыли;
- вероятность получения убытков от предпринимательской деятельности.

В условиях априорной неопределённости относительно описания возможных профилей инфраструктуры предпринимательской деятельности анализ качества начинается с отбора приоритетных вариантов посредством использования формализаций теории нечётких множеств и теории искусственных нейронных сетей. На этом этапе могут использоваться методики, раскрытые в [2, 3, 4].

Последующий этап анализа разворачивается с применением формализаций теории системного анализа. При этом может применяться методика, описанная в [5, 6].

Множество функциональных моделей инфраструктуры анализируется с помощью методов теории распределённых систем [7].

Выделенные выше вероятностные показатели определяются посредством применения методов анализа расширенных объектно-ориентированных моделей [8, 9, 10]. При этом предпринимательская деятельность моделируется в классе диаграмм деятельности с представлением статистических свойств выполняемых предпринимателем действий. Математический аппарат для оценки качества предпринимательской деятельности формируется в соответствии с описанием топологии модели и функциональных спецификаций механизмов синхронизации выполняемых действий с параметриче-

ской неопределённостью. Параметрическая неопределённость преодолевается благодаря применению метода свободного объединения выполняемых процессов предпринимательской деятельности.

Представленная канва интеграции выделенных формализаций позволяет разработать математическое и программное обеспечение инструментального комплекса, предназначенного для оценки качества инфраструктуры предпринимательской деятельности в условиях экономики знаний.

#### Список используемых источников

1. Гражданский кодекс Российской Федерации : ГК : части первая, вторая, третья и четвертая : текст с изменениями и дополнениями на 20 января 2016 года. М. : Эксмо, 2016. 860 с.
2. Коньшева Л. К., Назаров Д. М. Основы теории нечётких множеств : учебное пособие. СПб. : Питер, 2011. 192 с. ISBN 978-5-459-00735-0.
3. Пашкова Л. С., Птицына Л. К. Выбор эффективной системы биллинга // Международный научно-исследовательский журнал. 2013. № 4–1 (11). С. 111–116.
4. Птицына Л. К., Добрецов С. В. Интеллектуальные технологии и представление знаний. Планирование действий интеллектуальных агентов в информационных сетях : учеб. пособие. СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2005. 155 с. ISBN 5-7422-1101-5.
5. Птицына Л. К., Птицын А. В. Формализация выбора систем виртуализации для образовательных программ по корпоративным информационным системам // Дистанционное и виртуальное обучение. 2012. № 8. С. 4–14.
6. Птицына Л. К., Птицын А. В., Пашкова Л. С. Многопрофильный сравнительный анализ систем биллинга // APRIORI. Серия: Естественные и технические науки. 2013. № 1. С. 1.
7. Птицын А. В., Птицына Л. К. Генерация системно-аналитического ядра безопасных информационных технологий. СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2011. 263 с. ISBN 978-5-7422-3143-1.
8. Птицына Л. К., Смирнов Н. Г. Программное обеспечение компьютерных сетей. Управление крупно-гранулярными процессами на основе языка BPEL: учеб. пособие. СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2011. 105 с.
9. Птицына Л. К., Смирнов Н. Г. Системно-аналитическая основа интеграции сервис-ориентированных средств // Промышленные АСУ и контроллеры. 2011. № 5. С. 31–36.
10. Птицына Л. К., Смирнов Н. Г. Разработка и анализ моделей интеграции сервис-ориентированных средств в гетерогенных сетях // Научно-технические ведомости СПбГПУ. № 6.1 (138). 2011. С. 71–81.

УДК 003.26.09

## НЕЧЕТКОЕ ЛИЧНОСТНОЕ ШИФРОВАНИЕ

А. В. Ершов, Д. А. Карпов, П. Ю. Козорез

Военная академия связи имени Маршала Советского союза С. М. Буденного

*Личностное шифрование – шифрование с открытым ключом, где роль открытого ключа играет уникальная информация о личности пользователя. В статье рассматриваются преимущества данного типа шифрования, а также предлагается новый тип личностного шифрования, названный нечётким личностным шифрованием. Описаны два его наиболее актуальных применения: в схеме биометрической аутентификации и для шифрования с помощью атрибутов.*

*криптография, IBE, Identity Based Encryption, Fuzzy IBE, нечёткое личностное шифрование, биометрическая аутентификация, шифрование с помощью атрибутов.*

Личностное (*identity-based*) шифрование (IBE, *Identity Based Encryption*) позволяет отправителю зашифровать сообщение на идентификаторе без доступа к сертификату открытого ключа [1]. Возможность создавать открытые ключи без сертификатов имеет множество практических применений. К примеру, Алиса посылает зашифрованное сообщение Бобу на bob@mail.ru, она шифрует сообщение, используя строку «bob@mail.ru». Таким образом, Алисе нет необходимости знать сертификат открытого ключа. Боб аутентифицируется и получает открытый ключ от третьей стороны (PKG, *Public Key Generator*), после чего имеет возможность прочтения своего письма. Отказ от системы сертификатов устраняет необходимость существования инфраструктуры открытых ключей (PKI, *Public Key Infrastructure*) и нахождения получателя в сети на момент создания шифртекста.

Алгоритм личностного шифрования основан на четыре основных функциях: Setup, Extract, Encrypt, Decrypt [2].

– Setup. Первоначальная настройка системы IBE, выполняемая PKG с использованием заданного параметра безопасности. Возвращает открытые параметры системы и секретный мастер-ключ.

– Extract. Выполняется PKG при запросе получателем его закрытого ключа. Используя секретный мастер-ключ, открытые параметры системы и идентификатор получателя генерирует закрытый ключ получателя.

– Encrypt. Выполняется отправителем. Шифрует сообщение на основе открытых параметров системы и идентификатора получателя.

– Decrypt. Выполняется получателем. Расшифровывает сообщение с использованием открытых параметров системы и закрытого ключа получателя.

Система личностного шифрования имеет следующие преимущества:

- Имеется возможность отправить зашифрованное сообщение получателю, ещё не имеющему открытого ключа;
- При отправке сообщения нет необходимости в нахождения получателя в сети на момент создания шифртекста;
- Имеется возможность создать сообщение, которое может быть прочитано только в определённый момент времени в будущем;
- Ключ получателя может часто обновляться в автоматическом режиме.

Одной из особенностей предыдущих IBE-систем было то, что их идентификаторы имели вид строки символов. В данной статье предлагается новый тип IBE шифрования – Fuzzy Identity-Based Encryption (нечёткое личностное шифрование) [3], в котором идентификаторы рассматриваются, как набор описательных атрибутов. В схеме нечёткого личностного шифрования пользователь с помощью закрытого ключа  $\omega$  способен расшифровать шифртекст, зашифрованный открытым ключом  $\omega'$  тогда и только тогда, когда  $\omega$  и  $\omega'$  находятся на небольшом расстоянии друг от друга относительно некоторой метрики. Таким образом в идентификаторах рассматриваемой системы допускается допустить некоторое количество ошибок.

Нечёткое личностное шифрование актуально для применения в IBE-системе, которая использует биометрические параметры идентификации. Биометрические признаки пользователя (например, отсканированную радужную оболочку глаза) можно рассматривать как идентификатор, описываемый несколькими атрибутами, а затем зашифровывать пользовательское сообщение используя этот биометрический идентификатор. Поскольку биометрические измерения обладают многочисленными шумами, нельзя использовать обычные IBE-системы. Однако свойство устойчивости алгоритма к ошибкам позволяет закрытым ключом (полученным из биометрических измерений) расшифровать шифртекст, зашифрованный немного иными измерениями тех же биометрических параметров.

В дополнение к выполнению свойства устойчивости к ошибкам в наборе атрибутов, составляющих идентификатор любой IBE-схемы, шифрующей с использованием множества атрибутов, должна обеспечиваться защита от атак сговора. В частности, ни одна группа пользователей не должна быть в состоянии объединить свои ключи таким образом, чтобы они могли расшифровать тот шифртекст, который ни один из них в одиночку расшифровать не мог.

Идентификаторы рассматриваются как совокупности атрибутов,  $d$  – допустимое число ошибок с точки зрения минимального набора перекрытий. Когда доверенное лицо создает закрытый ключ для пользователя, он будет ассоциировать случайный полином  $q(x)$  степени  $d-1$  с каждым пользователем с тем ограничением, что все полиномы имеют одинаковое значение в точке 0,  $q(0) = y$ .

Для каждого из атрибутов, связанных с идентификатором пользователя, алгоритм генерации ключа будет выдавать компоненту закрытого ключа, которая привязана к пользовательскому случайному полиному  $q(x)$ . Если пользователь способен привести в состояние «совпадение» по крайней мере  $d$  компонент зашифрованного текста с компонентами своего закрытого ключа, то он сможет расшифровать шифртекст. Однако, так как компоненты закрытого ключа привязаны к случайным полиномам, несколько пользователей не в состоянии объединить их в так или иначе, чтобы выполнить атаку сговора.

Во многих ситуациях использование биометрической идентификации в ИВЕ-системе имеет много преимуществ перед стандартной ИВЕ-системой.

Во-первых, процесс получения закрытого ключа от доверенного лица очень прост и естественен. В стандартной ИВЕ-схеме пользователь с определённым идентификатором, к примеру «Bob Smith», будет должен обратиться к доверенному лицу, чтобы получить закрытый ключ для идентификатора. В этой схеме требуется лишь доказать доверенному лицу, что он действительно имеет право на этот идентификатор. Это, как правило, связано с предоставлением некоторых дополнительных документов или учётных данных. Уровень аутентификации, который необходим, не всегда очевиден, и надёжность этого процесса иногда вызывает сомнения (например – использование поддельных документов). Как правило, существует компромисс между надёжностью и ценой.

В противоположность этому, если в качестве идентификатора используются биометрические данные пользователя, то процесс проверки на идентичность очень прост. Пользователь должен продемонстрировать владение биометрическим идентификатором доверенному лицу. Если имеется возможность определить подделку, к примеру, по проигрываемой записи голоса, тогда биометрическая идентификация ограничена только качеством распознающей техники. Ключевой момент заключается в том, что биометрические измерения для человека не должны сохраняться в секрете (в самом деле, зачем скрывать, если они используются в качестве открытого ключа). Необходимо лишь гарантировать, что злоумышленник не обманет доверенное лицо (полагая, что злоумышленник владеет биометрическим идентификатором, который на самом деле ему не принадлежит).

Кроме того, биометрический идентификатор является неотъемлемой характеристикой человека и всегда будет с ним. Использование биометрии в ИВЕ будет означать, что у человека всегда с собой будет уникальный ключ.

В конце концов, биометрический идентификатор уникален, если лежащие в его основе биометрические параметры считаны при помощи достаточно высокоточной аппаратуры и, следовательно, высокого качества. Это важно, ведь если сравнивать с некоторыми типами стандартных идентификаторов, таких как, к примеру, имя «Боб Смит», последние явно не будут уникальными или, тем более, через некоторое время могут сменить владельца.

В качестве альтернативного варианта применения нечёткое личностное шифрование может быть использовано для приложений, выполняющих «шифрование с помощью атрибутов» (*attribute-based encryption*). В этих приложениях можно зашифровать документ для всех пользователей, которые имеют определённый набор атрибутов. К примеру, сотрудник компании «Компания А» отдела «Б», работающий над проектом «Проект В» хочет зашифровать свой квартальный отчёт, дав доступ к нему на текущий год только сотрудникам своего отдела, работающим вместе с ним над этим же проектом. В таком случае для шифрования отчёта он может использовать идентификатор вида {«Компания А», «Отдел Б», «Проект В», «2020 год»}. Любой пользователь, обладающий идентификатором, содержащим эти атрибуты (а его коллеги по проекту и отделу, которым планируется дать возможность расшифровать работу, ими будут обладать) может расшифровать работу. Преимущество использования этой схемы шифрования – документ может храниться в простом (ненадёжном) хранилище, вместо хранения на доверенном сервере, проверяющем подлинность пользователя перед выдачей документа.

#### Список используемых источников

1. IBE Secure E-mail. URL: <https://crypto.stanford.edu/ibe/> (дата обращения 12.01.2017).
2. Identity-Based Encryption from the Weil Pairing. URL: <https://crypto.stanford.edu/~dabo/papers/bfibe.pdf> (дата обращения 12.01.2017).
3. Amit Sahai and Brent Waters. Fuzzy Identity-Based Encryption. URL: <http://eprint.iacr.org/2004/086.pdf> (дата обращения 12.01.2017).

*Статья представлена старшим научным сотрудником научно-исследовательского центра ВАС, доктором технических наук, доцентом М. И. Носовым.*

УДК 681.327.8

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ  
СРЕДЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ  
ИНФОКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ****О. И. Золотов, И. Ю. Карповцев**

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*В работе проиллюстрирована архитектура инфокоммуникационной сети как объекта управления, предложен метод формального представления среды взаимодействия ИКС с помощью математического описания взаимодействия между уровнями сети, использован аппарат иерархических матриц связности.*

*архитектура, инфокоммуникационная сеть, икс, среда взаимодействия, матрицы связности.*

Следствием перехода к информационному обществу явились телекоммуникационные сети нового поколения – инфокоммуникационные сети [1]. Инфокоммуникационная сеть (ИКС) представляет собой интеграцию телекоммуникационных, компьютерных, и информационных ресурсов в единую среду, реализующую процессы обработки, хранения и распространения информации единым процессом информационного обслуживания. С целью анализа и проектирования ИКС необходимо представить модели функционирования сети и основанные на них методы расчета, разобрать все составляющие технологического процесса преобразования информации в ИКС на различных уровнях и дать общую характеристику процесса на уровне системы в целом.

Особую важность представляет взаимодействие сети с пользователями, которыми являются информационные процессы. В качестве основной исследуемой единицы информации пользователя будем понимать информационное сообщение, поступающее из внешней среды. В сети сообщения пользователя передаются в виде коммутируемых информационных единиц: сообщений, пакетов и так далее.

Рассмотрим инфокоммуникационную сеть как объект управления. Таким образом, можно различать внешнюю среду и внутреннюю среду ИКС. При этом внутреннюю среду разделим на две подсреды: взаимодействия и обработки. Среда взаимодействия представляет сеть как единую систему, демонстрируя принципы взаимодействия всех элементов между собой и с внешней средой (рис.). Среда обработки дает возможность описать ос-

новные структурные элементы сети, обрабатывающие цифровую информацию: узлы коммутации, абонентские пункты, тракты передачи и другое с учетом взаимодействия с внешней средой [1].

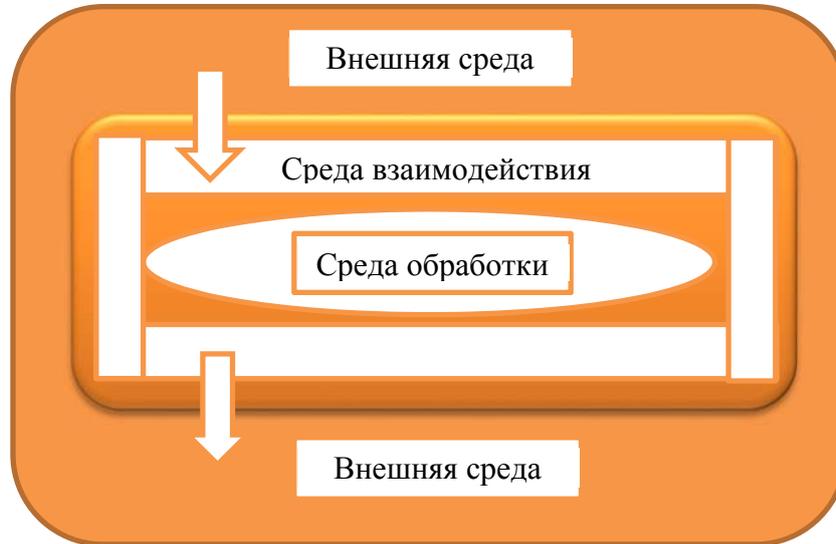


Рисунок. Архитектура взаимодействия сред ИКС

Рассмотрим математическую модель взаимодействия уровней системы между собой и внутри данного уровня. Представим среду взаимодействия как однородную информационно-вычислительную среду, состоящую из узлов коммутации (УК), формализуемых в виде многополюсников  $\mu_i^n$  с тремя типами входов и выходов. Так как рассматриваемая система является открытой, она имеет дуплексные соединения, что означает возможность передачи данных с УК одновременно и одинаковое количество входов и выходов [2].

$$\mu_i^n = \{ \mu_{1i}^n, \mu_{2i}^n, \dots, \mu_{i(i-1)}^n, \mu_{ii}^n, \mu_{i(i+1)}^n, \dots, \mu_{iN_i}^n \},$$

где  $i$  – номер данного многополюсника,  $i \in [1, I_n]$ ,  $i \in \mathbb{N}$ ;  $n$  – номер УК в  $M_i$ ,  $n \in [1, N_i]$ ,  $n \in \mathbb{N}$ ;  $M_i$  – множество узлов  $i$ -го уровня;  $I_n$  – число уровней иерархии;  $N_i$  – число узлов  $i$ -го уровня иерархии.

Для удобства рассмотрим математическое представление взаимодействия для смежных уровней:

$$M_i^n = \{ M_{i(i-1)}^n, M_{ii}^n, M_{i(i+1)}^n \}.$$

А связи с не соседними уровнями можно изображать с помощью фиктивных узлов:

$$M_j^n = \{ M_{i(j-1)}^n, 0, M_{i(j+1)}^n \}.$$

Если  $M_i^n$  – множество всех входов и выходов  $n$ -го узла  $i$ -го уровня, то  $M_{ki}^n \in M_i^n$  является подмножеством входов и выходов  $n$ -узла  $i$ -го уровня,

соединенных с узлами нижнего ( $i-1$ )-уровня, а  $M_{ji}^n \in M_i^n$  – подмножеством входов и выходов  $n$ -узла  $i$ -го уровня, соединенных с узлами верхнего ( $i+1$ )-уровня.

Для описания и анализа особенностей среды взаимодействия воспользуемся аппаратом иерархических матриц связности (МС). Конфигурацию узлов зададим в матричной форме с использованием квадратных МС узлов данного уровня размерностью  $N_i \times N_i$ , где  $N_i$  – число узлов соответствующего  $i$ -го уровня.

Матрицы имеют следующий вид:

$$\|M_{ii}\| = \begin{bmatrix} m_{ii}^{11} & m_{ii}^{12} & \dots & m_{ii}^{1N_i} \\ m_{ii}^{21} & m_{ii}^{22} & \dots & m_{ii}^{2N_i} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ m_{ii}^{N_i1} & m_{ii}^{N_i2} & \dots & m_{ii}^{N_iN_i} \end{bmatrix},$$

где элемент МС узлов уровня:

$$m_{ii}^{ki} = \begin{cases} 0, & \text{если нет связи между узлами } k \text{ и } i; \\ 1, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Вместо  $l$  в МС могут стоять обозначения численного значения некоторых параметров, характеризующих соответствующие связи.

Матрица  $\|M_{ii}\|$  симметрична относительно главной диагонали и ее элементами могут быть числа, которые обозначают число каналов в магистрали, прямо соединяющих узлы  $k$  и  $i$ .

Для отображения связей между узлами соседних уровней составляются прямоугольные МС размерностью  $N_i \times N_{i-1}$ , где  $N_i$  – число узлов соответствующего  $i$ -го уровня, а  $N_{i-1}$  – число узлов нижнего уровня. Введем обозначение  $k = i - 1$ .

Рассмотрим матрицу такого вида:

$$\|M_{ki}\| = \begin{bmatrix} m_{ki}^{11} & m_{ki}^{12} & \dots & m_{ki}^{1N_i} \\ m_{ki}^{21} & m_{ki}^{22} & \dots & m_{ki}^{2N_i} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ m_{ki}^{1N_{ki}} & m_{ki}^{2N_{ki}} & \dots & m_{ki}^{N_iN_{ki}} \end{bmatrix}.$$

Такие межуровневые МС могут быть первичными, отображающими физические соединения между узлами, и вторичными.

Определенные представленным в статье образом МС можно использовать для проведения оптимизации структуры ИКС. Также, используя дополнительные параметры, такие как ранг узла, ранг пути, сечение сети, ранг сечения сети, можно организовать поиск оптимального пути соединения двух абонентов.

**Список используемых источников**

1. Нестеренко В. Д. Управление инфокоммуникационными сетями. СПб. : Политехника, 2007. 249 с.
2. Олифер В. Г., Олифер Н. А. Компьютерные сети. Принципы технологии протоколы: учебник для вузов. 5-е изд. СПб. : Питер, 2016. 992 с. ISBN 978-5-49807-389-7.

**УДК 681.327.8****МОДЕЛЬ СРЕДЫ ОБРАБОТКИ  
ИНФОКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ****О. И. Золотов, А. С. Летовальцева**

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*Приведен обзор архитектуры управления инфокоммуникационной сети, учитывая взаимодействие внешней среды, элементов сети между собой и обработку данных. Описана среда обработки, обеспечивающая возможность представления основных структурных элементов сети, обрабатывающих цифровую информацию. На базе среды обработки раскрыты процессы в ЦОУ, математически описываемые в виде AN-схем.*

*инфокоммуникационная сеть, архитектура управления, среда обработки, AN-схема.*

Архитектура управления инфокоммуникационными сетями представляет собой взаимодействие между внешней и сетевой средой. Внешняя среда включает в себя среду генерации и среду распространения, а сетевая среда в свою очередь разделена на среду взаимодействия и среду обработки [1]. Выделенные среды служат для отображения взаимосвязи элементов объекта управления, а также их взаимодействие с внешней средой.

Описание воздействия пользователей на сеть, то есть определение потоков запросов на ресурсы инфокоммуникационной сети позволяет сделать выделенная среда генерации. Среда распространения отвечает за защиту распространения физических сигналов от воздействия внешних факторов. Среда взаимодействия дает возможность описать сеть в целом как единую систему, взаимодействующую с внешней средой на системном уровне. С помощью выделенной среды обработки можно описать основные структурные элементы сети, обрабатывающие цифровую информацию: узлы коммутации, концентраторы, абонентские пункты, тракты передачи и тому подобное, с учетом взаимодействия с внешней средой на аппаратно-программном уровне.

Информационно-вычислительная среда ЦОУ, т. е. среда обработки, представляет чередование слоев двух типов (рис. 1). Слои первого типа являются децентрализованными структурами из однотипных элементов, которые называются AN-схемами (от англ. *abstract node* – абстрактный узел) [2, 3]. Слои второго типа являются коммутационными системами.



Рис. 1. Схема информационно-вычислительной среды

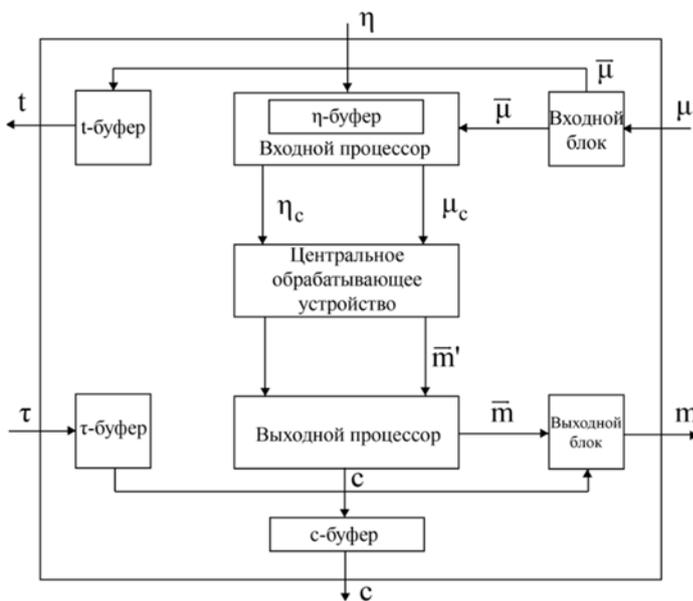


Рис. 2. Абстрактный узел ИКС

Абстрактный узел сети, представляемый в виде AN-схемы, включает в себя буферы, входной и выходной блоки, процессор (рис. 2).

Буфера  $t$ ,  $\tau$ ,  $\eta$  и  $c$  обеспечивают асинхронизм входов и выходов; если входные команды  $\eta$  и внутренние состояния закодированы в двоичной форме, то  $\eta$ -буфер может рассматриваться как часть буфера состояний, содержащий переменные внутреннего состояния процессорного блока.

Входной блок принимает входное сообщение  $\mu$ , проверяет его, делит его на две составляющие (текст и заголовок) и направляет текст, если он имеется, к  $t$ -буферу,

а заголовок – к процессору; заголовок может быть закодирован каким-то образом во входном блоке.

Выходной блок получает выходной заголовок из процессора, берет, если необходимо, из  $\tau$ -буфера текст, вырабатывает выходное сообщение и отправляет его к выходу  $m$ .

Процессор получает заголовок из входного блока и вырабатывает заголовки для выходных сообщений в зависимости от входного заголовка и собственного внутреннего состояния, а также от состояния выходных команд; в наиболее простом случае – это конечный автомат с двумя входами и двумя выходами. Когда на вход  $AN$ -схемы поступает сообщение  $\mu$ , процессор срабатывает, вырабатывает новое внутреннее состояние и выдает сообщение к выходу  $m$  и команду к выходу  $c$ . В некоторых случаях выходные сообщения могут и не вырабатываться. Если входное сообщение содержит текст, он переправляется к выходу  $t$ ; если выходное сообщение содержит текст, он берется из входа  $\tau$ .

Процессор  $AN$ -схемы состоит из трех частей:

- 1) входного процессора, который обрабатывает параметры входящих заголовков и команд и выдает заголовки  $\mu_c$  команды  $\eta_c$  ЦОУ;
- 2) ЦОУ, которое вырабатывает выходной код операции для  $\mu_c$  и  $\eta_c$ , прибывающих из входного процессора;
- 3) выходного процессора, который добавляет параметры к коду операции, прибывающих из ЦОУ.

Формальное описание функционирования  $AN$ -схемы можно провести с помощью логических матриц. Внутреннее состояние процессора определено с помощью двух множеств переменных состояния.

Множество  $\{\Sigma^{\Gamma}\}$ , состоящее из двух подмножеств:  $\{\Sigma\}$  – из двоичных переменных состояния, зависящих только от  $\mu_c$ ;  $\{S\}$  – из двоичных переменных, зависящих как от  $\mu_c$ , так и от  $\eta_c$ .

Множество  $\{V\}$ , состоящее, как правило, из недвоичных переменных, которые могут модифицироваться входами входного и выходного процессоров (ситуационные переменные). Входные и выходные процессоры могут использовать двоичные переменные ЦОУ прямо, а ЦОУ не может использовать ситуационные переменные прямо. По этой причине вводится множество двоичных переменных  $\{Z\}$ , причем любое  $z \in \{Z\}$  является функцией ситуационных переменных  $u \in \{V\}$ , которые называются переменными глобальных состояний. Переменные  $z$  могут быть определены и независимо от  $\{V\}$ , в этом случае они учитывают и вторичные состояния.

Предложенная модель позволяет реализовать ЦОУ как конечный автомат; для входного и выходного процессоров представление в виде конечного автомата затруднительно из-за проблемы раз мерности.

Во время работы ЦОУ при получении команды  $\eta_c$  ЦОУ вырабатывает: код операции выходного сообщения  $\vec{m}' = ||Q(\sigma, s, z)||\vec{\eta}$ ; код операции выходной команды  $\vec{c}' = ||G(y, s, z)||\vec{m}$ ; переход состояния  $y = \vec{h}(y, s, z, \vec{\eta}, \vec{0})$ ; текст  $t = f_1(y, s, z, \eta_c)$   $\mu$ . При получении заголовка  $\mu_c$  ЦОУ вырабатывает: код операции выходного сообщения  $\vec{m}' = ||P(y, s, z)||\vec{\eta}$ ; код операции выходной команды  $\vec{c}' = ||G(y, s, z)||\vec{\mu}_c$ ; переход состояния  $y = \vec{h}(y, s, z, \vec{0}_\eta, \vec{\mu}_c)$ ,  $s = \vec{g}(y, s, z, \mu_c)$ ; текст  $t = f_2(y, s, z, \mu_c)$   $\mu$ , где  $||Q||$ ,  $||H||$ ,  $||P||$  и  $||G||$  – матрицы логических функций;  $\vec{h}$  и  $\vec{g}$  – векторы логических функций;  $f_1$  и  $f_2$  – логические функции;  $\vec{m}'$ ,  $\vec{\mu}_c$ ,  $\vec{\eta}_c$  и  $\vec{c}'$  – векторы, имеющие только один элемент, отличный от нуля;  $\vec{0}_m$  и  $\vec{0}_\eta$  – нулевые векторы подходящей размерности.

Необходимо конкретизировать ряд понятий применительно к  $AN$ -схеме. Пусть  $n_i$  и  $n_0$  – число заголовков;  $\vec{\mu}$  и  $\vec{m}$  – векторы логических переменных с  $n_i$  и  $n_0$  составляющими соответственно. Рассмотрим входное сообщение, обладающее  $k$ -м входным заголовком: оно может быть представлено вектором сообщения  $\vec{\mu}$ , если  $k$ -й член  $\vec{\mu}$ , равен 1, а все остальные равны 0. Аналогично, выходные сообщения могут быть представлены вектором сообщения  $\vec{m}$ . Таким образом, входной блок может распознать входной заголовок и направить соответствующий  $\vec{\mu}$  к процессору. Подобным образом выходной блок получает из процесса  $\vec{m}$  и выдает соответствующее выходное сообщение.

Процессор может быть описан матрицей логических функций ( $||P|| = ||P(\vec{y}, \vec{s})||$ ), т. е. вход является функцией вектора  $\vec{y}$  и  $\vec{s}$ . Тогда выходное сообщение  $\vec{m}$  может быть получено из  $\vec{\mu}$  умножением на матрицу  $||P||$ , функции которой должны быть вычислены с помощью значений  $\vec{y}$  и  $\vec{s}$  в данный момент ( $\vec{m} = ||P(\vec{y}, \vec{s})||\vec{\mu}$ ).

Вектор сообщений  $\vec{c}$  может быть вычислен на каждом шаге разговора как вектор функций  $\vec{c} = \vec{y}(\vec{y}, \vec{s}, \vec{\mu}, \vec{m})$ .

Рассмотрим взаимодействие между  $A'$  и  $A''$ . Любой скрипт, начинающийся сообщением из  $A'$ , может быть описан последовательностью разговоров ( $\vec{m}_i'$ ,  $\vec{m}_i''$ ),  $i=1, 2, \dots$ .

Протоколы  $A'$  и  $A''$  соответственно имеют вид  $||P'|| = ||P'(\vec{y}', \vec{s}')||$ ,  $||P''|| = ||P''(\vec{y}'', \vec{s}'')||$ .

Например, для сообщения  $\vec{m}_i'$ : ответ  $\vec{m}_i$  может быть получен со значениями  $\vec{y}'$  и  $\vec{s}'$  к этому моменту времени; если такими значениями являются  $y''$  и  $s''$ , то  $||Pi''|| = ||P''(\vec{y}'_{1i}, \vec{s}'_{1i})||$  и аналогично  $||P'_i|| = ||P'(\vec{y}'_{1i}, \vec{s}'_{1i})||$ . Тогда  $||Mi''|| = ||P''i|| Mi'$ ,  $||M'_i|| = ||P'_i|| M'_i$ .

Первое сообщение каждой  $AN$ -схемы зависит от ее переменных состояния. В некоторых разговорах может случиться, что стартовая команда из  $A'$  и  $\vec{m}_i'$  устанавливает переменные состояния обеих  $AN$ -схем в некоторое фиксированное значение.

Каждая  $AN$ -схема может обмениваться информацией сервисными блоками только с  $AN$ -схемами соседних слоев – физически, а с  $AN$ -схемами других открытых систем того же слоя – логически.

Через границу системы могут соединяться только  $AN$ -схемы одного и того же слоя среды обработки, через границу слоев могут соединяться  $AN$ -схемы любых систем данной ИКС. В пределах одного уровня одной открытой системы соединение  $AN$ -схем между собой запрещается.

Формальное представление процессов в ЦОУ на базе среды обработки, математически описываемой в виде  $AN$ -схем, позволяет решать задачи идентификации процессов коммутации и обмена информацией на различных уровнях иерархии ИКС. Кроме того, выделение среды взаимодействия и среды обработки, дает возможность проводить на этой основе реализацию алгоритмов управления ИКС.

#### Список используемых источников

1. Советов Б. Я., Яковлев С. А. Построение сетей интегрального обслуживания. Л. : Машиностроение. 1990. 332 с.
2. Нестеренко В. Д. Концепция построения архитектуры моделей процессов управления инфокоммуникационными сетями. Часть 1 // Информационно-управляющие системы. 2006. № 6. С. 15–23.
3. Нестеренко В. Д. Концепция построения архитектуры моделей процессов управления инфокоммуникационными сетями. Часть 2 // Информационно-управляющие системы. 2007. № 1. С. 19–24.

УДК 519.7

## ТЕОРИЯ ГРУПП КАК АППАРАТ ИССЛЕДОВАНИЯ СОХРАНЕНИЯ СТРУКТУР И СОСТОЯНИЙ

**О. И. Золотов, Л. М. Пустыльников**

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*При исследовании систем управления структурами используется тот же математический аппарат, что и при управлении объектами в теории автоматического управления, однако при управлении структурами приходится вводить новые понятия такие как: приращение структуры и т.д. Это требует использовать дополнительные*

*разделы математики, такие как теория групп, кроме того в основе многих подходов лежит понятие симметрии. Работа посвящена исследованию связи идей теории управления с математическим аппаратом симметрий.*

*структура, система управления, теория групп, симметрия.*

В «Единой геометрической теории управления – теории структур управления (ЕГТУ-ТСУ)» сформулированы точные определения ряда исходных понятий данной теории, таких как система, структура, управление и др. [1]. В основе же метода изучения этих понятий лежит понятие симметрии, о котором подробно шла речь в [1, 2]. В свою очередь, «Управленческая парадигма Мира (УПМ)» и «Физико-кибернетический принцип взаимности (ФКПВ)», играя существенную роль в ЕГТУ-ТСУ, содержат глубокое и, вместе с тем, универсальное раскрытие явлений сохранения объектов или структур любой (живой, искусственной и неживой) природы. Сохранение же структур в широчайшем диапазоне закономерностей органически связано с достижением экстремума тех или иных функций или функционалов. Эта связь особенно ярко проявляется в вариационных принципах физики. Действительно, уже даже «простейший» механический принцип наименьшего (стационарного) действия ведет к – целым четырем! – феноменам сохранения классической механики. Это, прежде всего, 2-й закон Ньютона (природа сохранения данного закона, как и многих других, раскрывается Управленческой парадигмой Мира – УПМ). Затем, при весьма общих предположениях, это ещё и законы сохранения энергии, импульса и момента количества движения. Если же принять во внимание весь набор современных вариационных принципов, а также их многочисленные модификации применительно к различным областям физики, то тезис о широчайших связях понятий сохранения и экстремума становится очевидным.

Далее, как неоднократно отмечалось, в ЕГТУ-ТСУ исключительную по важности роль играет понятие симметрии. Понятие симметрии, как это хорошо видно из [1, 2], неисчерпаемо. Какой же математический аппарат наиболее подходит для работы с симметрией, и какая при этом вырисовывается связь с идеями управления? Для ответа на эти вопросы приведем выдержку из книги [1]:

« ... множество  $\{S\}$  всех симметрий объекта  $B$  никогда не пусто, ибо оно всегда содержит по крайней мере один элемент – единичное (тождественное) преобразование.

Далее, если  $S_1$  и  $S_2$  две любые симметрии из  $\{S\}$ , то композиция этих отображений, выполненная в любом порядке, также будет симметрией, правда, необязательно той же самой.

Таким образом, в  $\{S\}$  всегда определена бинарная операция, по отношению к которой множество  $\{S\}$  замкнуто, т. е. оно сохраняется в том смысле, что результат всякой такой бинарной операции снова принадлежит

множеству  $\{S\}$ : из  $S_1 \in \{S\}$  и  $S_2 \in \{S\}$  следует, что существуют элементы, обозначаемые  $S_1S_2$  и  $S_2S_1$ , такие, что  $S_1S_2 \in \{S\}$  и  $S_2S_1 \in \{S\}$ .

Таким образом, множество всех симметрий  $\{S\}$  данного объекта  $B$  как минимум обладает структурой моноида, т. е. полугруппы с единицей  $S_0$ .

Нередко в множество всех симметрий  $\{S\}$  вместе со всяким  $S$  входит и обратное преобразование  $S^{-1}$ , т. е. всякое отображение симметрии  $S$  имеет обратное. Тогда  $\{S\}$  имеет более сложную (чем моноид) структуру, которая называется группой. В этом случае  $\{S\}$  называют группой симметрий (данного объекта  $B$ , описываемого предикатом, или отношением,  $P(x)$ ).

Отсюда становится ясной важнейшая роль во всей математике таких структур, как группы и моноиды, ибо они описывают симметрии структур, которые в силу закона 100 %-эффективности математики описывают и реальности ... ».

Но как подчеркивалось в [1], симметрия – «многоликое и вездесущее понятие». В частности, в широчайший спектр понятия симметрии попадают такие её разновидности как баланс, постоянство, устойчивость, независимость, инвариантность, сохранение, неотличимость, стабилизация, неизменность и др. Но, например, инвариантность, устойчивость и стабилизация (сохранение) являются одними из центральных понятий теории управления [1, 2, 3]. Сохранение же, ещё раз отметим, во многих содержательных случаях предполагает одновременное достижение некоторым характерным функционалом своего экстремума. Согласно же УПМ и ФКПВ, далее, если структура существует и наблюдается в течении какого-то времени, то это происходит за счет всегда имеющей место управляющей обратной связи, поддерживающей с точностью до ошибки регулирования неизменность (сохранение) данной структуры и, следовательно, превращающей поступающее возмущение в её симметрию. Но, как уже сказано, адекватным математическим формализмом изучения самой симметрии служат моноиды и группы. Приведенные соображения, таким образом, четко указывают на целесообразность применения аппарата теории групп к математическим моделям, используемым как в классической теории управления, так и при анализе УПМ и ФКПВ. Последнее, по-видимому, особенно перспективно для дальнейшего развития и осмысления так называемых «объединительных тенденций» современной теоретической физики и во многих других вопросах.

#### Список используемых источников

1. Бабичев А. В., Бутковский А. Г. Сеппо Похьолайнен. К единой геометрической теории управления. М.: Наука, 2001
2. Фейгин О. О., Золотов О. И., Пустыльников Л. М. Кибернетика физики. СПб. : СПбГУТ, 2014.

3. Пустыльников Л. М., Золотов О. И., Фейгин О. О., Даринский Ю. В. Физико-кибернетический принцип взаимности. СПб. : СПбГУТ, 2015. 232 с.

УДК 159.9

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ В СЕТЯХ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Е. В. Зяблицев<sup>1</sup>, Н. Е. Рахимов<sup>2</sup>, С. Н. Лобанов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

<sup>2</sup>Военная академия связи имени Маршала Советского Союза С.М. Буденного

*Статья посвящена проблемам защиты данных в сетях передачи данных специальных организаций. Раскрыты потенциальные угрозы уничтожения, нарушения и изменения данных при циркулировании по сети передачи данных. Рассматриваются некоторые вопросы по организации и оборудованию сетей передачи данных способствующих повышению обеспечения безопасности в сетях передачи данных.*

*защита, безопасность, данные, компьютер, сеть.*

При рассмотрении проблем защиты данных в сетях передачи данных, прежде всего, возникает вопрос о классификации сбоев и нарушений, прав доступа, которые могут привести к уничтожению или нежелательной модификации данных. Среди таких потенциальных «угроз» можно выделить:

1. Сбои оборудования: сбои кабельной системы; перебои электропитания; сбои дисковых систем; сбои систем архивации данных; сбои работы серверов, рабочих станций, сетевых карт и т. д.

2. Потери информации из-за некорректной работы персонального оборудования (ПО): потеря или изменение данных при ошибках ПО; потери при заражении системы компьютерными вирусами.

3. Потери, связанные с несанкционированным доступом: несанкционированное копирование, уничтожение или подделка информации; ознакомление с конфиденциальной информацией, составляющей тайну, посторонних лиц.

4. Потери информации, связанные с неправильным хранением архивных данных.

5. Ошибки обслуживающего персонала и пользователей: случайное уничтожение или изменение данных; некорректное использование программного и аппаратного обеспечения, ведущее к уничтожению или изменению данных [1].

В зависимости от возможных видов нарушений работы сети многочисленные виды защиты информации объединяются в три основных класса:

– средства физической защиты, включающие средства защиты кабельной системы, систем электропитания, средства архивации, дисковые массивы и т. д.

– программные средства защиты, в том числе: антивирусные программы, системы разграничения полномочий, программные средства контроля доступа.

– административные меры защиты, включающие контроль доступа в помещениях, разработку стратегии безопасности подразделений, планов действий в чрезвычайных ситуациях и т.д. Следует отметить, что подобное деление достаточно условно, поскольку современные технологии развиваются в направлении сочетания программных и аппаратных средств защиты. Наибольшее распространение такие программно-аппаратные средства получили, в частности, в области контроля доступа, защиты от вирусов и т. д. [1].

Как уже говорилось выше, защита кабельной системы является разновидностью средств физической защиты информации в сетях передачи данных. Кабельная система остается главной «ахиллесовой пятой» большинства локальных вычислительных сетей: по данным различных исследований, именно кабельная система является причиной более чем половины всех отказов сети. В связи с этим кабельной системе должно уделяться особое внимание с самого момента проектирования сети. Наилучшим образом избежать себя от «головной боли» по поводу неправильной прокладки кабеля является использование получивших широкое распространение в последнее время так называемых структурированных кабельных систем, использующих одинаковые кабели для передачи данных в локальной вычислительной сети, локальной телефонной сети, передачи видеoinформации. К структурированным кабельным системам относятся, например, кабельная система корпорации IBM. Понятие «структурированность» означает, что кабельную систему здания можно разделить на несколько уровней в зависимости от назначения и месторасположения компонентов кабельной системы. Например, кабельная система IBM состоит из: Внешней подсистемы (*campus subsystem*) – Аппаратных (*equipment room*) – Административной подсистемы (*administrative subsystem*) – Магистральной (*backbone cabling*) – Горизонтальной подсистемы (*horizontal subsystem*) – Рабочих мест (*work location subsystem*) Внешняя подсистема состоит из медного оптоволоконного кабеля, устройств электрической защиты и заземления и связывает коммуникационную и обрабатывающую аппаратуру в здании (или комплексе зданий). Кроме того, в эту подсистему входят устройства сопряжения внешних кабельных линий и внутренних [2]. Аппаратные служат

для размещения различного коммуникационного оборудования, предназначенного для обеспечения работы административной подсистемы. Административная подсистема предназначена для быстрого и легкого управления кабельной системой IBM при изменении планов размещения персонала и отделов. В ее состав входят кабельная система (неэкранированная витая пара и оптоволокно), устройства коммутации и сопряжения магистрали и горизонтальной подсистемы, соединительные шнуры, маркировочные средства и т. д. Магистраль состоит из медного кабеля или комбинации медного и оптоволоконного кабеля и вспомогательного оборудования. Она связывает между собой этажи здания или большие площади одного и того же этажа. Горизонтальная система на базе витого медного кабеля расширяет основную магистраль от входных точек административной системы этажа к розеткам на рабочем месте. И, наконец, оборудование рабочих мест включает в себя соединительные шнуры, адаптеры, устройства сопряжения и обеспечивает механическое и электрическое соединение между оборудованием рабочего места и горизонтальной кабельной подсистемы. Наилучшим способом защиты кабеля от физических (а иногда и температурных и химических воздействий) является прокладка кабелей с использованием в различной степени защищенных коробов. При прокладке сетевого кабеля вблизи источников электромагнитного излучения необходимо выполнять следующие требования:

а) неэкранированная витая пара должна отстоять минимум на 15–30 см от электрического кабеля, розеток, трансформаторов и т. д.

б) требования к коаксиальному кабелю менее жесткие – расстояние до электрической линии или электроприборов должно быть не менее 10–15 см. Другая важная проблема правильной инсталляции и безотказной работы кабельной системы – соответствие всех ее компонентов требованиям международных стандартов. Наибольшее распространение в настоящее время получили следующие стандарты кабельных систем: Спецификации корпорации IBM, которые предусматривают девять различных типов кабелей. Наиболее распространенным среди них является кабель IBM type 1 – экранированная витая пара (STP) для сетей Token Ring. Система категорий Underwriters Labs (UL) представлена этой лабораторией совместно с корпорацией Anixter. Система включает пять уровней кабелей. В настоящее время система UL приведена в соответствие с системой категорий EIA/TIA. Стандарт EIA/TIA 568 был разработан совместными усилиями UL, American National Standards Institute (ANSI) и Electronic Industry Association/Telecommunications Industry Association, подгруппой TR41.8.1 для кабельных систем на витой паре (UTP). В дополнение к стандарту EIA/TIA 568 существует документ DIS 11801, разработанный International Standard Organization (ISO) и International Electrotechnical Commission (IEC). Данный стандарт использует термин «категория» для отдельных кабелей

и термин «класс» для кабельных систем. Необходимо также отметить, что требования стандарта EIA/TIA 568 относятся только к сетевому кабелю. Но реальные системы, помимо кабеля, включают также соединительные разъемы, розетки, распределительные панели и другие элементы. Использование только кабеля категории 5 не гарантирует создание кабельной системы этой категории. В связи с этим все выше перечисленное оборудование должно быть также сертифицировано на соответствие данной категории кабельной системы [3].

Наиболее надежным средством предотвращения потерь информации при кратковременном отключении электроэнергии в настоящее время является установка источников бесперебойного питания.

Различные по своим техническим и потребительским характеристикам, подобные устройства могут обеспечить питание всей сети передачи данных или отдельного компьютера в течение промежутка времени, достаточного для восстановления подачи напряжения или для сохранения информации на магнитные носители. Большинство источников бесперебойного питания одновременно выполняет функции и стабилизатора напряжения, что является дополнительной защитой от скачков напряжения в сети. Многие современные сетевые устройства – серверы, концентраторы, мосты и т. д. – оснащены собственными дублированными системами электропитания.

За рубежом корпорации (организации) имеют собственные аварийные электрогенераторы или резервные линии электропитания. Эти линии подключены к разным подстанциям, и при выходе из строя одной них электропитание осуществляется с резервной подстанции.

Организация надежной и эффективной системы архивации данных является одной из важнейших задач по обеспечению сохранности информации в сети. В небольших сетях, где установлены один-два сервера, чаще всего применяется установка системы архивации непосредственно в свободные слоты серверов. В крупных корпоративных сетях наиболее предпочтительно организовать выделенный специализированный архивационный сервер. Хранение архивной информации, представляющей особую ценность, должно быть организовано в специальном охраняемом помещении. Специалисты рекомендуют хранить дубликаты архивов наиболее ценных данных в другом здании, на случай пожара или стихийного бедствия [3].

Разновидностью программных средств обеспечения безопасности компьютерных сетей является защита от компьютерных вирусов. Вряд ли найдется хотя бы один пользователь или администратор сети, который бы ни разу не сталкивался с компьютерными вирусами. На сегодняшний день дополнительно к тысячам уже известных вирусов появляется 100–150 новых ежемесячно. Наиболее распространенными методами защиты от вирусов по сей день остаются различные антивирусные программы. Однако в качестве перспективного подхода к защите от компьютерных вирусов

в последние годы все чаще применяется сочетание программных и аппаратных методов защиты. Среди аппаратных устройств такого плана можно отметить специальные антивирусные платы, которые вставляются в стандартные слоты расширения компьютера.

Проблема защиты информации от несанкционированного доступа особо обострилась с широким распространением локальных и, особенно, глобальных сетей передачи данных. Необходимо также отметить, что зачастую ущерб наносится не из-за «злого умысла», а из-за элементарных ошибок пользователей, которые случайно портят или удаляют жизненно важные данные. В связи с этим, помимо контроля доступа, необходимым элементом защиты информации в компьютерных сетях является разграничение полномочий пользователей.

В компьютерных сетях при организации контроля доступа и разграничения полномочий пользователей чаще всего используются встроенные средства сетевых операционных систем. Так, крупнейший производитель сетевых ОС – корпорация Novell – в своем последнем продукте NetWare 4.1. предусмотрел помимо стандартных средств ограничения доступа, таких, как система паролей и разграничения полномочий, ряд новых возможностей, обеспечивающих первый класс защиты данных. Новая версия NetWare предусматривает, в частности, возможность кодирования данных по принципу «открытого ключа» (алгоритм RSA) с формированием электронной подписи для передаваемых по сети пакетов.

В то же время в такой системе организации защиты все равно остается слабое место: уровень доступа и возможность входа в систему определяются паролем. Не секрет, что пароль можно подсмотреть или подобрать. Для исключения возможности неавторизованного входа в компьютерную сеть в последнее время используется комбинированный подход – пароль + идентификация пользователя по персональному «ключу». В качестве «ключа» может использоваться пластиковая карта (магнитная или со встроенной микросхемой – smart-card) или различные устройства для идентификации личности по биометрической информации – по радужной оболочке глаза или отпечатков пальцев, размерам кисти руки и так далее [4].

Оснатив сервер или сетевые рабочие станции, например, устройством чтения смарт-карточек и специальным программным обеспечением, можно значительно повысить степень защиты от несанкционированного доступа. В этом случае для доступа к компьютеру пользователь должен вставить смарт-карту в устройство чтения и ввести свой персональный код. Программное обеспечение позволяет установить несколько уровней безопасности, которые управляются системным администратором. Возможен и комбинированный подход с вводом дополнительного пароля, при этом приняты специальные меры против «перехвата» пароля с клавиатуры. Этот подход

значительно надежнее применения паролей, поскольку, если пароль подглядели, пользователь об этом может не знать, если же пропала карточка, можно принять меры немедленно.

Смарт-карты управления доступом позволяют реализовать, в частности, такие функции, как контроль входа, доступ к устройствам персонального компьютера, доступ к программам, файлам и командам. Кроме того, возможно также осуществление контрольных функций, в частности, регистрация попыток нарушения доступа к ресурсам, использования запрещенных утилит, программ, команд DOS.

Напоследок, хотелось бы детализовать приведенную выше классификацию способов обеспечения безопасности компьютерных сетей и в следствии этого упомянуть о таком способе защиты компьютерных сетей от не санкционируемого доступа, как использования определенных служб безопасности, которые указывают направления нейтрализации возможных угроз безопасности. Существуют следующие службы безопасности:

- аутентификация;
- обеспечение целостности;
- засекречивание данных;
- контроль доступа;
- защита от отказов.

Сервисные службы безопасности являются ответственными за обеспечение основных требований пользователей, предъявляемых к телекоммуникационным системам (с точки зрения ее надежности). Причем данные службы должны функционировать во двух плоскостях: управления и пользовательской.

Количество соединений защиты должно быть равно количеству установленных служб защиты. То есть, если для данного виртуального соединения одновременно требуется аутентификация, конфиденциальность и достоверность данных, то устанавливается три самостоятельных соединения защиты.

Совокупность сервисных служб защиты информации, обеспечивающих требования пользователей, образуют профиль защиты [5].

За установку и прекращение действия той или иной службы отвечают агенты защиты. Согласование служб защиты между агентами происходит через соединения защиты. По этим соединениям производится обмен информацией защиты.

Самый простой вариант организации соединения защиты – это когда агенты защиты размещены в пределах конечных систем пользователей. В данном случае конечные системы и агенты защиты взаимодействуют с сетью через интерфейс «пользователь – сеть + защита».

Агенты защиты для виртуального соединения (канала либо тракта), который установлен между конечными системами пользователей, последовательно выполняют следующие действия:

- определяют вид сервисных служб защиты, которые должны быть применены к данному виртуальному соединению;
- согласовывают службы защиты между собой;
- применяют требуемые службы защиты к данному виртуальному соединению.

В заключении хотелось бы отметить, что проблемам компьютерной безопасности в сетях передачи данных должно придаваться особое значение. Правильно иерархически построенная система доступа к данным, современное оборудование, штат квалифицированных работников, отвечающих за компьютерную безопасность – это гарант безопасности государственной информации, а вместе с тем и государства. В этом нельзя сомневаться. Как-то один мудрец сказал: «Чем больше вы даёте, тем больше к вам возвращается». И правда, чем больше будет уделено внимания проблемам компьютерной безопасности, тем больше будет уверенности в том, что данные особой важности не будут потеряны при малейшем сбое в работе оборудования или при несанкционированном доступе. Так же хотелось бы подчеркнуть, что никакие аппаратные, программные и любые другие средства, и организаторские работы различных видов не смогут гарантировать абсолютную надежность и безопасность данных, но в то же время свести риск потерь к минимуму возможно лишь при осознанном, комплексном подходе к вопросам компьютерной безопасности.

#### Список используемых источников

1. Ведеев Д. Защита данных в компьютерных сетях. М. : Открытые системы, № 3. 2011.
2. Новиков С. Н. Защита информации в сетях связи с гарантированным качеством обслуживания. Новосибирск. 2013.
3. Олифер В. Г., Олифер Н. Д. Компьютерные сети: принципы, технологии, протоколы. Питер, 1999.
4. Рааб М. Защита сетей наконец-то в центре внимания. М. : Компьютеруорлд. № 29. 1999.
5. Сухова С. В. Система безопасности NetWare. № 4. М. : Сети. 2009.

*Статья представлена директором института военного образования,  
кандидатом педагогических наук, доцентом А. А. Лубянниковым.*

УДК 004.89

## ПРОГРАММНАЯ ПЛАТФОРМА ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МНОГОМОДУЛЬНЫХ СИСТЕМ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ С АСИНХРОННЫМ МНОГОПОТОЧНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

А. Г. Ивин, Д. И. Михальченко

Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации Российской академии наук

*В данной статье предлагается программная платформа для проектирования многомодульных систем с асинхронным многопоточным управлением, которая отличается высокой производительностью коммуникации между подключенными встроенными модулями РТК, что подтверждается результатами проведенных экспериментов.*

*робот, робототехника, платформы, асинхронность, многопоточность, C++.*

Современные робототехнические комплексы (РТК) отличаются широким набором встроенных программно-аппаратных средств, реализующих анализ окружающей ситуации, связь, управление исполнительными механизмами и другие специализированные функции. Существующие программные платформы для разработки систем управления РТК в большинстве случаев ориентированы на узкий класс задач, решаемых роботом, или же оказываются слишком «тяжелыми» для быстрой адаптации к прикладной задаче. Предлагаемая в данной статье программная платформа для проектирования многомодульных систем с асинхронным многопоточным управлением отличается высокой производительностью коммуникации между подключенными встроенными модулями РТК, что подтверждается результатами проведенных экспериментов.

В данном исследовании основное внимание уделяется трем задачам: 1) разработка архитектуры программной платформы; 2) разработка методов запуска и исполнения платформы в трех режимах; 3) разработка эффективного метода сериализации и передачи данных между модулями с использованием RTTI. Ниже представлен обзор аналогов платформ.

В работе [1] рассматривается модульная платформа для роботизированных систем ROS. В архитектуре ROS предполагается мультипроцессной, что делает ее эффективной только на unix-подобных системах. Из минусов данной платформы следует отметить: в ROS не используются новейшие стандарты языка; платформа очень «тяжеловесна» и зависит от множества

сторонних библиотек и не подходит для использования в небольших робототехнических системах. В работе [2] описана архитектура платформы для робототехнических систем, использующая многопоточный подход и паттерн «Publisher-Subscriber». Однако данная платформа базируется на интерфейсе «Posix» и рассчитана на работу с микроконтроллерами, обеспечивает возможность взаимодействия с ROS и может быть легко управляемой в стиле Unix-shell. Платформу нельзя считать универсальной и полноценной, так как она направлена на работу только с микроконтроллерами. В работе [3] описывается система OROCOS – платформы для программирования робототехнических систем в реальном времени. Платформа позволяет во время исполнения встраивать несложные автоматы. Используется скриптовый язык LUA. Платформа не предоставляет никаких преимуществ с точки зрения производительности. В работе [4] описана модульная платформа OPRoS. Платформа является мультипроцессной. Компоненты встраиваются как сетевые модули. Активно используется технология XML. Платформа снабжена утилитой для визуального программирования. Хорошо подходит для исследовательских задач и сконцентрирована на удобстве и скорости разработки. Нет упора на производительность, вследствие чего плохо применима к реальным системам. В работе [5] описывается платформа Urbi. Разработан собственный язык программирования с учетом специфики разработок для робототехнических систем. Однако это может усложнить процесс разработки, так как требует от разработчика изучения дополнительного специфического языка. Также в языке параллелизм реализован в нетрадиционном виде, что может потребовать дополнительных усилий при разработке. Собственный специфический язык не является стандартом при разработке и не может считаться универсальным.

Для разработки платформы предполагается использовать 11-ый стандарт языка C++ [6]. Данный стандарт имеет множество встроенных средств, позволяющих отказаться от использования библиотеки Boost. Отказ от использования данной библиотеки позволит избавиться от большой зависимости и значительно «облегчит» платформу и ее развертывание. В языке C++ имеется встроенная поддержка многопоточности, что позволяет реализовать необходимые алгоритмы, такие как потокобезопасные контейнеры, в том числе их lock-free имплементации, управление многопоточным исполнением и другие. Также с введением 11-го стандарта в языке C++ появилась поддержка ссылок на неименованные значения (*rvalues*), что позволяет использовать конструкторы перемещения вместо конструкторов копирования, значительно оптимизируя работу с памятью. Следует также упомянуть, что один из основных подходов, используемых при разработке платформы – максимальная гибкость и расширяемость. В платформе используется абстракция – механизм, представляющая собой на деле некую конструкцию, ответственную за определенную задачу синхронизации внутри платформы.

При желании, разработчик, использующий платформу может для разных задач использовать готовые механизмы, но если считает, что они ему не подходят, то может добавлять свои механизмы, расширяя функционал платформы.

На рис. 1 представлена схема прототипа ядра разрабатываемой системы и базового набора модулей для робототехнической системы. Ядро – ключевая часть системы, реализующая все необходимые механизмы для обеспечения ее работоспособности и создания модулей. Все компоненты ядра имеют слабую связанность и при желании разработчик может изменять его поведение по своему усмотрению. В состав ядра по умолчанию входит реализация класса Launcher, который отвечает за последовательность обработки всех компонентов системы, и набор механизмов для взаимодействия между компонентами системы. На данный момент реализован прототип ядра с базовой функциональностью с использованием библиотеки Google Protocol Buffers для сериализации данных. Сейчас ведется работа над разработкой программных решений, которые исключали бы недостатки используемой библиотеки в рамках данной системы. Можно выделить такие недостатки Google Protocol Buffers, как: 1) зависимость от сторонней библиотеки – приводит к необходимости установки дополнительной библиотеки при развертывании системы; 2) достаточно медленная десериализация сообщений Google Protobuf из-за большой степени сжатия данных, что особенно негативно сказывается на производительности при передаче изображений внутри системы; 3) При использовании Google Protobuf необходимо вызывать внешнюю утилиту для создания классов сообщений. Также, эту утилиту необходимо собирать под каждую конкретную платформу.

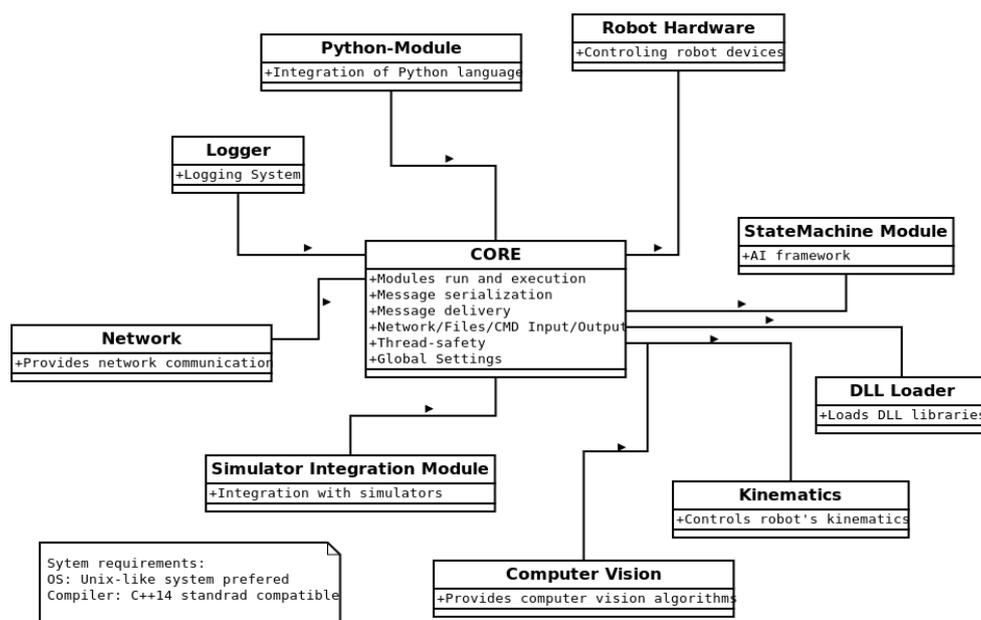


Рис. 1. Пример базовой конфигурации RRC: ядро и набор модулей

На рис. 2 продемонстрирована обобщенная архитектура ядра разрабатываемой робототехнической платформы. На диаграмме выделено несколько основных компонентов ядра, описывающих основные функции ядра. Следует отметить, что на деле ядро состоит из гораздо большего количества элементов.

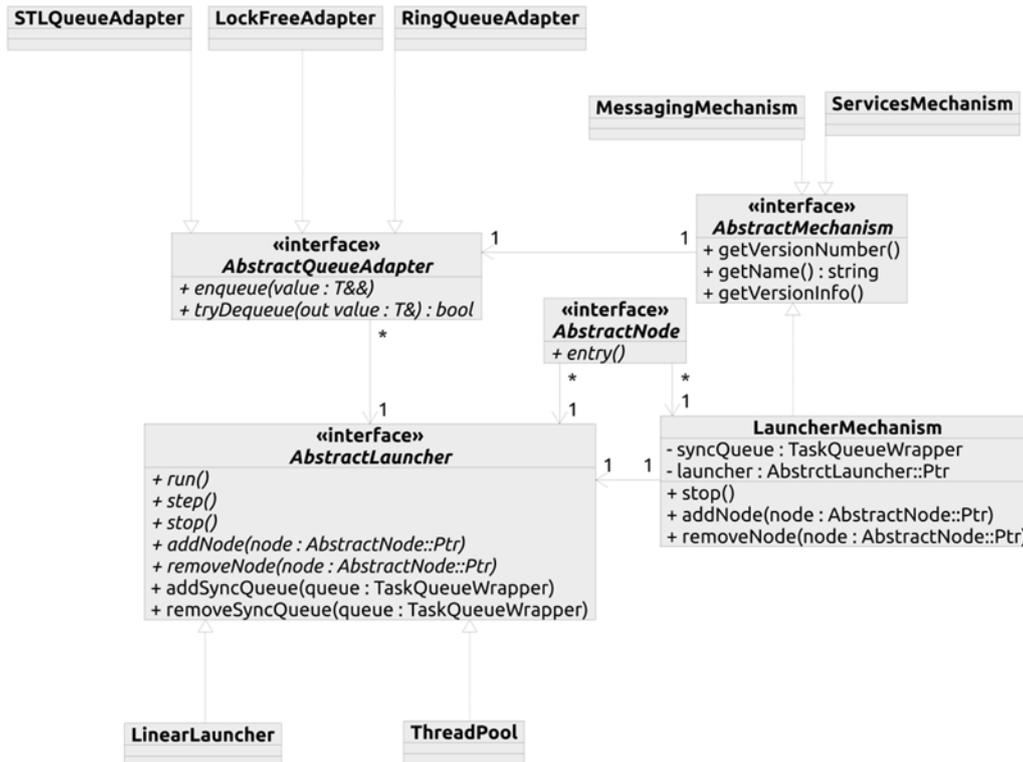


Рис. 2. Обобщенная архитектура ядра

`AbstractLauncher` – интерфейс компонента, отвечающего за порядок и способ запуска, исполнения и синхронизации модулей системы. Наличие данной абстракции позволяет при необходимости создавать различные варианты реализации данного компонента: `LinearLauncher` (однопоточная реализация интерфейса) и `ThreadPool` (реализация интерфейса с использованием пула потоков).

`AbstractQueueAdapter` – интерфейс компонента, необходимого для обеспечения отложенной синхронизации при помощи очереди задач. На рис. 2 можно увидеть его реализации для разных типов очередей.

`AbstractNode` – интерфейс, позволяющий создавать независимые компоненты системы – модули.

`AbstractMechanism` – интерфейс компонентов системы, обеспечивающих какой-либо вид взаимодействия между модулями. На рис. 2 можно увидеть конкретные реализации механизмов для определенных задач.

Для тестирования быстродействия прототипа ядра системы был реализован тестовый сценарий, при котором создается определенное достаточно

большое количество модулей, которые «подписываются» на прием сообщений.

На текущий момент средняя частота программного взаимодействия с аппаратным обеспечением мобильного робота на примере популярного Darwin OP составляет 14 мс. Наиболее вероятное количество модулей в подобных робототехнических системах будет примерно соответствовать числам, представленным в первом тесте – то есть, порядка 10 модулей и порядка 100 сообщений (табл.). Представленная робототехническая платформа справляется с такой нагрузкой на компоненты системы, ответственные за синхронизацию, менее, чем за 1 мс. Это значительно быстрее, чем скорость программного взаимодействия с аппаратным обеспечением.

ТАБЛИЦА. Результаты тестирования

Количество сообщений/ Количество модулей	100	1 000	10 000	100 000
10	0 мс	3 мс	55 мс	346 мс
100	2 мс	15 мс	158 мс	1 568 мс
1 000	18 мс	129 мс	1 251 мс	13 508 мс

#### Список используемых источников

1. Quigley M. et al. ROS: an open-source Robot Operating System // ICRA workshop on open source software. 2009. V. 3. N 3.2. С. 5.
2. Meier L., Honegger D., Pollefeys M. PX4: A node-based multithreaded open source robotics framework for deeply embedded platforms // Robotics and Automation. IEEE. 2015. PP. 6235–6240.
3. Klotzbücher M., Soetens P., Bruyninckx H. Orocos rtt-lua: an execution environment for building real-time robotic domain specific languages // Dynamic languages for Robotic and Sensors. 2010. pp. 284–289.
4. Jang C. et al. OPRoS: A new component-based robot software platform // ETRI journal. 2010. V. 32. N. 5. pp. 646–656.
5. Baillie J. C. et al. The Urbi universal platform for robotics // First International Workshop on Standards and Common Platform for Robotics. – 2008.
6. C++ Standards Committee et al. iso/iec 14882: Standard for programming language c++. Tech. rep., ISO/IEC, 2011. URL: <http://www.pen-std.org/jtc1/sc22/wg21>, 2011 (дата обращения: 24.01.17).

*Статья представлена заведующим лабораторией, доктором технических наук, профессором А. Л. Ронжиным.*

УДК 519.8:004.02

## СПОСОБЫ РЕАЛИЗАЦИИ ФРАКТАЛЬНОГО МЕТОДА СЖАТИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ

**Н. А. Игнатова**

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*Фрактальный метод сжатия изображений – быстро развивающийся, но не очень широко применяемый на практике метод. Существует большое число исполнений данного метода, что связано с тем, что каждый этап данного метода может быть реализован несколькими способами. Рассмотрены основные этапы алгоритма фрактального кодирования, и основные способы реализации каждого из них. Рассмотрены примеры, в которых видно, как выбор параметров и способов реализации определенных этапов влияет на результаты кодирования – время кодирования и коэффициент сжатия.*

*фрактальный метод сжатия изображений, разбиение на ранговые блоки, доменный пул, ускорение фрактального метода.*

Фрактальный метод сжатия изображений представляет собой – алгоритм сжатия с потерями, основанный на наличии в изображении самоподобных участков. Потенциально данный алгоритм может обеспечивать хорошее качество декодируемого изображения – пиковое отношение сигнал шум PSNR 30–40 dB для коэффициентов сжатия от десятков до тысяч в зависимости от изображения. Данный алгоритм является ассиметричным – процесс декодирования изображения проходит в десятки раз быстрее, чем процесс кодирования. Также для данного алгоритма характерно то, что он легко подвергается процессу распараллеливания. Из недостатков и основного препятствия распространения данного метода на практике можно отметить большое время кодирования.

Несмотря на свое название – «фрактальный», к самим объектам – фракталам, открытым Б. Мандельбротом, с ярко-выраженным самоподобием и дробной размерностью, данный метод не имеет непосредственного отношения. Фрактального в данном методе только то, что сжатие в нем основывается, на устранении избыточности, заключенной в самоподобии, а также в итеративном применении аффинных преобразований к доменному блоку, с той точки зрения, что итерации, по сути, являются фракталами.

На самом деле под фрактальным методом сжатия изображений обычно подразумевается алгоритм, состоящий из следующих основных этапов:

1) разбиение изображения (изображение разбивается на набор крупных перекрывающихся участков – доменные области и на набор маленьких неперекрывающихся участков, которыми покрывается все изображение – ранговые области);

2) поиск для рангового блока подобного доменного блока;

3) поиск сжимающего преобразования, которое отобразит доменный блок в ранговый максимально точно.

О фрактальном методе не получается говорить в единственном числе, так как данный метод имеет множество реализаций, а связано это с тем, что каждый из перечисленных выше этапов, входящий в алгоритм может быть исполнен разными способами.

Первый этап фрактального метода сжатия – это разбиение изображения на ранговые области. Существует большое число способов разбиения изображения на ранговые блоки, среди которых наиболее распространенными являются – разбиение на блоки фиксированного размера, разбиение методом триангуляции, разбиение методом квадродерева. В Томском политехническом университете были проведены исследования, которые показали, что наиболее эффективным является разбиение методом квадродерева [1]. Он незначительно (на единицы миллисекунд) проигрывает разбиению на блоки фиксированного размера, но выигрывает по коэффициенту сжатия и качеству декодированного изображения. Однако по результатам проведенного эксперимента также было установлено, что итеративно делить изображение методом квадродерева, начиная с исходного, неправильно, так как это замедляет работу алгоритма и ограничивает формы исходного изображения квадратом. Целесообразно же делить изображение таким образом начиная с блоков размером  $16 \times 16$ . Разбиение изображения сначала на блоки фиксированного размера, а начиная с блоков размером  $16 \times 16$  методом квадродерева, называют методом псевдоквадродерева. Не смотря на вывод об эффективности разбиения методом квадродерева, поиск новых схем продолжается. Встречаются реализации с мозаичной схемой разбиения, а также схемы, в которых ранговые блоки могут перекрываться.

Вторым этапом фрактального алгоритма является разбиение изображения на доменные блоки, т. е. формирование доменного пула. Определение размера доменного пула и организация учета доменных блоков являются очень важной задачей описываемого метода сжатия. Размер доменного пула оказывает прямое влияние на коэффициент сжатия – им определяется, сколько бит в закодированном файле будет отводиться под индекс домена. Размер доменного пула также влияет на время кодирования – чем больше доменных блоков нужно перебрать, чтобы найти максимально подобный ранговому блоку, тем больше потребуются на это времени. С другой стороны – чем больше доменов, тем более точно можно покрыть все ранговые

блоки, то есть размер доменного пула оказывает непосредственное влияние на качество декодируемого изображения.

Наиболее распространенный способ определения доменного пула – это задание с помощью пяти параметров, которые однозначно определяют индекс каждого доменного блока [2]:

- число строк доменов;
- число столбцов доменов;
- уровень доменов;
- перекрытие по вертикали;
- перекрытие по горизонтали.

Следующим этапом фрактального сжатия является применение к доменному блоку аффинных преобразований для проверки его на соответствие ранговому. Пространственная составляющая этих преобразований строго ограничена – параллельным переносом, четырьмя поворотами на  $90^\circ$  и зеркальными отражениями в четырех направлениях. В разных реализациях алгоритма фрактального сжатия может быть использовано разное число пространственных ориентаций, есть такие реализации, в которых при доменно-ранговых сопоставлениях геометрических преобразований доменных блоков вовсе не производится, вместо этого дополнительно увеличивается доменный пул [2].

В таблице 1 приведены результаты кодирования при использовании разного числа пространственных ориентаций.

ТАБЛИЦА 1. Зависимость параметров кодирования от числа пространственных ориентаций

Число пространственных ориентаций	Время кодирования, с	Число ранговых блоков	Коэффициент сжатия
1	3	2 938	2,34
2	4	2 914	2,36
3	6	2 905	2,36
4	8	2 890	2,38
5	10	2 881	2,38
6	12	2 872	2,39
7	13	2 869	2,39
8	15	2 860	2,4

Из таблицы 1 видно, что увеличение числа пространственных ориентаций приводит к пропорциональному увеличению времени кодирования и к незначительному увеличению коэффициента сжатия. Последнее связано с тем, что при меньшем числе пространственных ориентаций меньше шансов найти подобный блок для текущего рангового и ранговые блоки приходится разбивать на более мелкие, что приводит к увеличению их числа, т. е. к увеличению объема закодированной информации.

Сжатие информации фрактальным методом заключается в том, что кодируется не каждый пиксель изображения, а блок пикселей. На каждый ранговый блок обычно отводится – 4 байта. А вот как распределить эти четыре байта между индексом рангового блока, индексом доменного блока, номером пространственной ориентации, сколько бит отвести под яркость, а сколько под контрастность – это решается в каждой реализации по-разному.

Также в разных реализациях по-разному решается задача ускорения кодирования. Так как основные работы по развитию фрактального метода направлены на его ускорение, то в этой области найдено множество интересных решений. Все решения этой задачи можно разделить на два типа: к методам первого типа относятся те, которые сокращают число доменно-ранговых сопоставлений, к методам второго типа те, которые сокращают время каждого сопоставления [2].

Примерами первого типа методов ускорения фрактального сжатия являются: простое урезание размера доменного пула, поиск доменного блока в окрестностях рангового, классификация блоков и поиск домена внутри соответствующего класса, сокращение числа пространственных ориентаций, метод учитывающий частоту использования домена.

Наиболее распространенным методом ускорения фрактального метода сжатия второго типа является так называемый Feature Extraction (FE) метод – метод на основании выделения характеристик. Метод заключается в том, что для всех блоков вначале вычисляется вектор характеристик, доменные и ранговые блоки сравниваются на основе этого вектора и лишь для тех блоков, для которых расстояние между векторами меньше заданного производится полный перебор.

Реализации FE-метода могут отличать друг от друга векторами характеристик. В качестве характеристик могут применяться следующие:

- характеристики, предложенные Стефаном Уэлстидом [2] (стандартное отклонение, асимметрия, межпиксельная контрастность, бетта, максимальный градиент);
- коэффициенты преобразований (фурье, вейвлет);
- характеристики на основе матрицы вхождения [3] (энергия, энтропия, контраст, однородность, корреляция);

– энергетические характеристики Лавса [4] (средний уровень, край, пятно, рябь).

Кроме приведенных выше методов классификации и выделения характеристик, также широко распространены следующие методы ускорения фрактального сжатия изображений [5]:

- метод с использованием коэффициента корреляции Пирсона;
- метод, учитывающий частоту использования домена;
- метод, с использованием пирамидального сравнения.

Многообразие фрактальных методов сжатия изображения также увеличивается из-за такой опции, как поиск лучшего домена (лучшим доменом считается тот, который покрывает ранговый блок с меньшей ошибкой). Реализация опции поиска лучшего домена отрицательно сказывается на времени кодирования – в среднем, реализация этой опции увеличивает время кодирования на 30 %. Однако, если ее не реализовывать, то все ранговые блоки будут покрыты доменными блоками, находящимися в начале доменного пула, а это приводит к ухудшению качества декодированного изображения.

Еще одним фактором, увеличивающим многообразие фрактальных методов сжатия изображений, является выбор величины, на основании которой принимается решение о подобии блоков: это может быть и средне-квадратичная ошибка, и среднеквадратичное отклонение, и коэффициент корреляции.

Подводя итог всему вышесказанному, можно сделать вывод о том, что фрактальный метод сжатия – многоэтапный алгоритм, реализация каждого этапа которого зависит от многих факторов-этапов (рис. 1). Следствием этого является существование множества видов фрактального метода сжатия, являющихся различными комбинациями реализаций его этапов.



Рис. 1. Факторы, влияющие на реализацию фрактального метода сжатия изображений

Для четырех изображений разного содержания (рис. 2–5) было проведено сжатие тремя методами: полным перебором, выделения характеристик, а также с использованием классификации блоков.



Рис. 2. aerial.bmp



Рис. 3. airplain.bmp



Рис. 4. tank.bmp



Рис. 5. gold\_hill.bmp

Результаты сжатия приведены в таблице 2.

Из таблицы 2 можно сделать следующие выводы: метод полного перебора проигрывает методам с классификацией блоков и с выделением характеристик по времени кодирования, при этом он выигрывает в коэффициенте сжатия, но если выигрыш в коэффициентах сжатия составляет разы, то проигрыш во времени составляет сотни раз.

ТАБЛИЦА 2. Результаты сжатия изображений

Метод	Исходное изображение	Время кодирования, с	Число ранговых блоков	Коэффициент сжатия
Метод полного перебора	aerial.bmp	1 451	2 632	2,5
	tank.bmp	259	916	7,4
	airplain.bmp	120	484	13,9
	gold_hill.bmp	384	1 219	5,57
Метод выделения характеристик	aerial.bmp	28	2 860	2,4
	tank.bmp	14	1 288	5,3
	airplain.bmp	4	571	11,9
	gold_hill.bmp	20	1 513	4,52
Метод, на основе классификации	aerial.bmp	18	2 926	2,3
	tank.bmp	9	1 495	4,6
	airplain.bmp	4	595	11,4
	gold_hill.bmp	13	1 666	4,1

Так же можно отметить, что метод с выделением характеристик имеет несколько лучший коэффициент сжатия, чем метод на основе классификации, при этом последний работает быстрее примерно в 1,5 раза.

Что касается качества декодированного изображения, то результаты для трех методик приведены ниже (рис. 6):

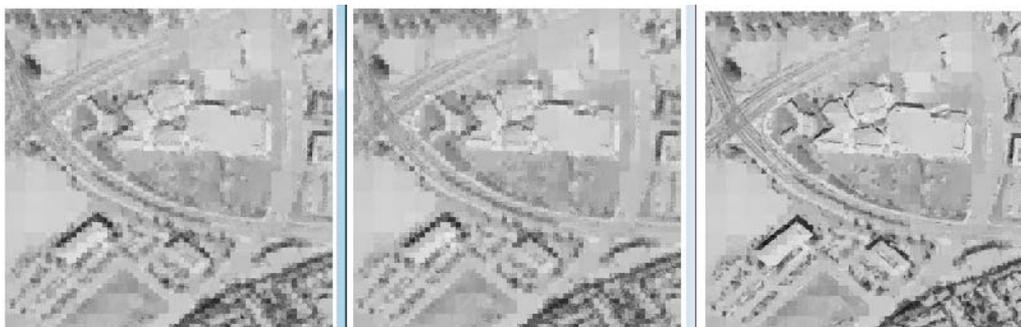


Рис. 6. Результаты декодирования изображения aerial, сжатого слева направо методом выделения характеристик, методом классификации блоков, методом полного перебора

Из рис. 6 видно, что метод полного перебора дает несколько лучшее качество, но не настолько хорошее, чтобы компенсировать временные затраты этого метода.

### *Выводы*

Проведенные эксперименты приводят к следующим выводам: можно не использовать большое число пространственных ориентаций – это не сильно ухудшит показатели качества сжатия, но позволит выиграть во времени кодирования. С точки зрения времени кодирования самым перспективным является метод с классификацией блоков, с точки зрения коэффициента сжатия метод с выделением характеристик. Необходимо дальнейшее развитие двух этих методов ускорения фрактального сжатия, в частности поиск оптимального вектора характеристик для классификации и сравнения блоков может улучшить показатели их работы.

### **Список используемых источников**

1. Шарабайко М. П., Осокин А. Н. Быстродействующий алгоритм фрактального сжатия изображений // Известия Томского политехнического университета. 2011. Т. 318. № 5. С. 52–57.
2. Уэлстид С. Фракталы и вейвлеты для сжатия изображений в действии: учеб. пособие. М.: Триумф, 2003. 320 с. ISBN 5-89392-079-1, ISBN 0-8194-3503-1.
3. Шапиро Л., Стокман Дж. Компьютерное зрение. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2006. 752 с.

4. Фраленко В. П. Методы текстурного анализа изображений, обработка данных дистанционного зондирования Земли // Программные системы : теория и приложения. 2014. № 4 (22). С. 19–39.

5. Анастасова Е. А., Беловодский В. Н. Анализ модификаций алгоритмов фрактального сжатия изображений // Информационные управляющие системы и компьютерный мониторинг: материалы I Всеукраинской науч. техн. конф. Донецк: ДонНТУ, 2010. Том II. С. 8.

*Статья представлена научным руководителем, доктором технических наук, профессором В. М. Дегтяревым.*

**УДК 004.7**

## **АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЭЛЕМЕНТОВ КОМПЛЕКСНЫХ СИСТЕМ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ**

**К. Е. Израилов<sup>1</sup>, В. В. Покусов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский университет государственной противопожарной службы МЧС РФ

*Информационная безопасность сложных объектов не может быть обеспечена без создания комплексных систем защиты информации. В этом случае актуальным становится эффективность обмен информацией средств защиты информации, а также связанных с ними выделенных служб и штатных единиц. Решение может быть найдено в направлении унификации и стандартизации протоколов обмена средств при их объединении в единую информационную систему.*

*средства защиты информации, комплексные системы защиты информации, информационная безопасность, протокол взаимодействия.*

### *Введение*

Бурное развитие информационного обмена в современном мире предъявляет новые требования к обеспечению безопасности такого процесса. При этом, существенными являются как задачи высокого уровня сложности (например, государства), но также среднего (крупные организации) и низкого (объединения средств обмена информацией). Для решения подобного рода задач применяются так называемые средства защиты информации (СЗИ). Последние могут быть техническими средствами (например, камеры видеонаблюдения и пожарная сигнализация), программными (например, шифрование передаваемой информации и антивирусное программное

обеспечение) или же организационные (например, контроль за доступом сотрудников к «секретносителям» и установленные правила работы с ними). Тем не менее, СЗИ имеют неоспоримо высокую эффективность лишь работая по отдельности и решая собственные специализированные задачи. Совместное же применение множества средств, необходимое для обеспечения безопасности сложных систем разнородных компонент, на сегодняшний день имеет существенные трудности. Такая комплексная система защиты информации (КСЗИ) должна одновременно поддерживать работу целой группы средств, обеспечивать обмен информацией с центральным сервером, иметь элементы системы поддержки принятия решений, а возможно и обладать возможностями искусственного интеллекта или по крайней мере обучаться [1, 2]. При этом, КСЗИ обязана адекватно реагировать на многоэтапные атаки злоумышленника на информационный ресурс, которые приводят к постепенному выводу одних СЗИ, остаются незамеченными другими, подготавливают почву для атак на третьи [3].

#### Пример КСЗИ для типового предприятия

Рассмотрим гипотетический пример КСЗИ, состоящей из целого набора СЗИ, для отдельного типового предприятия. Схема предприятия показана на рис. 1.

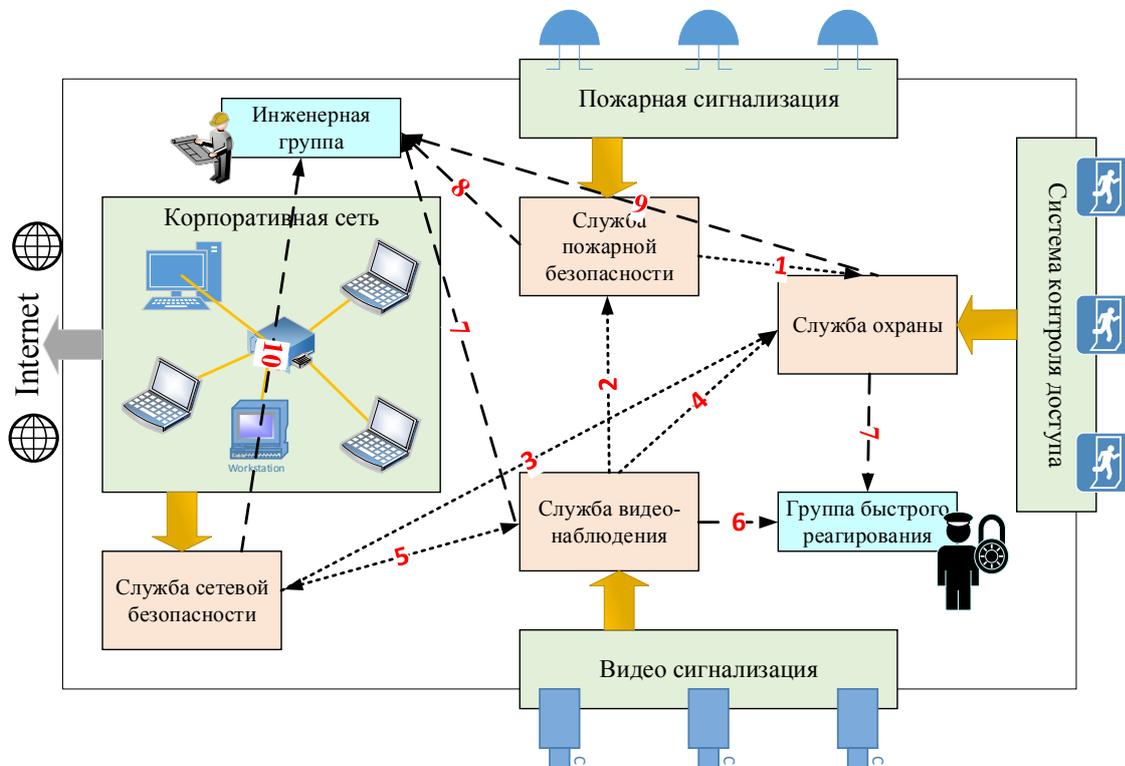


Рис. 1. Пример типового предприятия с КСЗИ

На предприятии осуществляется вход/выход сотрудников через систему контроля доступа, представляющую из себя ряд полноростовых турникетов с электронным считывателем бесконтактных карт доступа. Естественно, для упреждения неправомерных (в том числе вандальных) действий, в системе постоянно дежурит охранник. Система передает информацию о правомерных фактах доступа, попытках обхода или обмана системы и других «исключительных» событиях в службу охраны (Сл.О). Последняя, на основе анализа событий, может предпринимать определенные действия (например, заблокировать турникеты на вход или выход). Также, аналитическая часть службы позволяет спрогнозировать действие злоумышленника – например, подделку электронного пропуска, и усилить контроль в будущем.

По периметру предприятия установлена видео сигнализация, реагирующая на появление в кадре объектов, наличие которых является недопустимым (например, проникновение посторонних лиц или образование очагов пожара). Данные видеofиксации передаются службе видеонаблюдения (Сл.Вн), которая производит их визуальный анализ и осуществляет регламентированные действия.

Поскольку на любом предприятии работают люди, то необходимо обеспечить безопасность их жизнедеятельности, которая в том числе определяется профилактикой и тушением пожаров. Также, информация на пожаре нестойких носителях (которыми являются практически все из существующих), может быть уничтожена в следствии целенаправленного поджога. Факт наличия задымления или возгорания определим по датчикам пожарной сигнализации, информация от которых поступает в службу пожарной безопасности предприятия (Сл.Пб). Последняя должна произвести тушение собственными силами или вызвать специализированные подразделения пожарной охраны.

Для эффективной работы предприятия создана внутренняя корпоративная сеть, которая обеспечивает обмен информацией между ее сотрудниками, а также имеет доступ в Internet. Для обеспечения безопасного информационного обмена и реагирования на сетевые инциденты предназначена служба сетевой безопасности (Сл.Сб). И хотя управление и анализ сетей уже сейчас производятся в автоматическом режиме, тем не менее присутствие *живых* экспертов все также необходимо [4]. В частности, одной из актуальных проблем продолжают оставаться уязвимости в программном коде маршрутизирующего оборудования [5], для поиска которых должны быть использованы специализированные программные средства [6].

На предприятии присутствуют два вспомогательных подразделения сотрудников: группа инженеров (Гр.И) и группа быстрого реагирования (Гр.Бр). Первая осуществляет пуско-наладочные и ремонтные работы

на оборудовании, а вторая – пассивный осмотр территорий предприятия и активное предупреждение незаконных действия.

Все описанные службы и группы вполне справляются со своими непосредственными задачами, однако сложности их интеграции в единую систему и последующая работа могут стать причиной существенного нарушения информационной безопасности. Одна из причин этого заключается в необходимости их сложного и экстренного взаимодействия. Согласно схеме (рис. 1), на предприятии существует 10 следующих взаимодействий (которые выделены пунктирными линиями и отмечены числами):

1) Сл.ПБ сообщает Сл.О о наличие пожара в некоторых помещениях с целью того, чтобы был организован беспрепятственный выход из помещения сотрудников, которым существует угроза жизнедеятельности, а также вход на территорию пожарных и скорой помощи из вне предприятия.

2) Сл.Во сообщает Сл.Пб о возможных очагах задымления или возгорания по видеоданным камер наблюдения с целью дополнительной проверки данного инцидента.

3) Сл.Сб сообщает Сл.О о возможном факте кражи из корпоративной сети носителя конфиденциальной информации с целью экстренного предотвращения покидания предприятия потенциальным злоумышленником или всеми сотрудникам для дальнейшего разбирательства.

4) Сл.Во сообщает Сл.О о неправомерных действиях сотрудников (идентифицированных по визуальным признакам) – например, о попытке передачи носителей с конфиденциальной информацией за пределы предприятия, с целью предотвращения покидания ими охраняемой территории для дальнейшего разбирательства.

5) Сл.Сб сообщает Сл.Вн о взломе сетевых видеокамер наблюдения с целью проверки данного факта и принятия защитных мер – например, замене камеры на более новую или обновлению ее прошивки.

6) Сл.Во сообщает Гр.Бр о необходимости задержания сотрудников, совершивших нарушение; эту информацию Сл.Во может получить как на основании данных от собственной системы контроля доступа, так и от других служб – Сл.Сб (взаимодействие 3) и Сл.Во (взаимодействие 4).

7) Сл.Во сообщает Гр.И о поломках камер видео наблюдения с целью их настройки или ремонта.

8) Сл.Пб сообщает Гр.И о поломках датчиков пожарной сигнализации с целью их настройки или ремонта.

9) Сл.о сообщает Гр.И о поломках турникетов с целью их настройки или ремонта.

10) Сл.Сб сообщает Гр.И о поломках сетевого оборудования корпоративной сети с целью их настройки или ремонта.

Даже в случае безупречной, но индивидуальной, *отработки* всех служб, групп и их взаимодействий, отсутствие единой информационной системы функционирования откажется критическим в случае проведения сложной атаки – многоэтапной и тщательно продуманной. Так, например, злоумышленник в рамках одной атаки может отключить камеры видеонаблюдения, заблокировать каналы экстренной связи, проникнуть на территорию по поддельному пропуску и совершить поджог секретносителя. Противодействия такой сложной атаке может быть только в случае совместной и непрерывной работы всех служб и групп предприятия, при этом используя элементы предсказания последующих действий злоумышленника на основании Best Practices.

### *Проблемные вопросы взаимодействия элементов КСЗИ*

Исходя из описанных взаимодействий между службами и группами, можно утверждать, что даже для такой достаточно стандартной схемы эффективность работы КСЗИ предприятия будет вызывать сомнения. Причины этого следуют из следующих проблемных вопросов взаимодействия элементов системы.

#### Отсутствие унификации и стандартизации.

Все технические устройства и программные средства разработаны разными производителями со своими механизмами обмена данными, что не позволяет их объединить в единую информационную сеть. В следствии этого вынужденно создаются специализированные службы, которые вносят человеческий фактор в обработку данных.

#### Децентрализованность обработки.

Для работы с каждым СЗИ или их группой предназначен отдельный штат сотрудников, учитывающий специфику работы средств и предоставляемых ими данных. Для системной обработки всех данных сотрудники вынуждены вручную передавать информацию в единый аналитический центр безопасности предприятия, что приводит (помимо человеческого фактора) и к существенным временным задержкам.

#### Не использование Best Practices.

Угрозы информационной безопасности в том или ином виде уже могли возникать на других близких по информационной структуре предприятиях, и, следовательно, учет их опыта в качестве превентивных мер будет крайне востребован. Однако, типовые решения КСЗИ не позволяют обмениваться информацией об инцидентах, их признаках и последствиях, между собой. В частности, даже если такой обмен и существует, то стоит отдельная задача согласования форматов данных нескольких предприятий и последующее их хранение во внешней специализированной базе данных.

Приведем пример многоэтапной атаки, для которой КСЗИ с указанными недостатками будет малоэффективна. На практике, при возникновении на одной из камер очага пожара специалисты из Сл.Во будут вручную набирать номер Сл.Пб для передачи этой информации. Телефон же может быть, как временно недоступен, так и вовсе заблокирован в результате атаки злоумышленника на сеть IP-телефонии, о чем Сл.Сб сообщит с задержкой. Таким образом, поджог, незаметно совершенный злоумышленником (путем проникновения на территорию производства через проход, камера видеонаблюдения для которого также программно отключена), уничтожит носители с конфиденциальной информацией.

### *Заключение*

Исходя из описанной типичной схемы предприятия и ее проблемных вопросов можно утверждать, что работа СЗИ в случае их объединения в комплексную систему будет в разы менее эффективной – ситуация так называемой диссинергии. Возможное решение может быть найдено следующим путем: во-первых, унификации и стандартизации протоколов обмена данными СЗИ; во-вторых, построение единых правил взаимодействия все элементов КСЗИ; и, в-третьих, выделение служб специалистов в единый центр обработки, анализа и принятия решения по инцидентам информационной безопасности.

### **Список используемых источников**

1. Шаньгин В. Ф. Комплексная защита информации в корпоративных системах: учебное пособие. М. : Форум, Инфра-М, 2010. 592 с. : ил. ISBN 978-5-8199-0411-4, ISBN 978-5-16-003746-2.
2. Раткин Л. С. Технический и экспортный контроль в сфере защиты информации: состояние дел и перспективы развития // Защита информации. Инсайд. 2016. № 2 (68). С. 6–11.
3. Израилов К. Е. Модель прогнозирования угроз телекоммуникационной системы на базе искусственной нейронной сети // Вестник ИНЖЭКОНа. Технические науки. 2012. № 8 (59). С. 150–153.
4. Буйневич М. В. Проблемные вопросы и тенденции обеспечения ИБ в сфере телекоммуникаций // Защита информации. Инсайд. 2017. № 1 (73). С. 49–55.
5. Израилов К. Е. Анализ состояния в области безопасности программного обеспечения // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. II Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. 2013. С. 874–877.
6. Израилов К. Е., Покусов В. В. Утилита для поиска уязвимостей в программном обеспечении телекоммуникационных устройств методом алгоритмизации машинного кода. Часть 3. Модульно-алгоритмическая архитектура // Информационные технологии и телекоммуникации. 2016. Т. 4. № 4. С. 104–121.

УДК 004.89

## ПРИМЕНЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ ДЛЯ СОСТАВЛЕНИЯ УЧЕБНОГО РАСПИСАНИЯ

**А. В. Иксанов, Л. П. Козлова**

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*Для организации качественного учебного процесса необходимо правильно и точно составлять расписание, обеспечивающее равномерную загрузку обучающихся и преподавателей. В связи с этим остро стоит вопрос автоматизации данного процесса, так как вручную эта процедура трудоемкая и длительная. Применение модели на основе генетических алгоритмов позволит при большом множестве вариаций найти оптимальное решение и ускорить процесс составления расписания.*

*расписание, генетические алгоритмы, автоматизация, язык программирования, оптимальность.*

Процесс составления учебного расписания очень трудоемкая задача, которая требует сбора и анализа значительного количества информации. Важнейшей проблемой является задача оптимизации учебного расписания, которая позволит обеспечивать равномерную загрузку учащихся и преподавательского состава. Несмотря на то, что существует большое количество исследований и решений в этой области, до сегодняшнего дня эта проблема полностью не решена.

Выбор алгоритма для разработки программного средства не следует отделять от выбора технического обеспечения, на котором предстоит в дальнейшем работать. Не следует забывать и об имеющейся информационной системе учебного заведения.

В последнее время для решения задач оптимизации применяются различные эффективные эвристические методы, среди которых широкое распространение получили генетические алгоритмы [1, 2].

Генетический алгоритм – это эвристический процесс, берущий свое начало из механизма естественного отбора, который, принадлежит к более широкому классу эволюционных алгоритмов. Генетические алгоритмы обычно используются для решения задач оптимизации и поиска путём подбора, вариации и комбинирования исходных данных. Для этого используются механизмы, аналогичные естественному отбору в живой природе (рис. 1), такие как: наследование, мутация, кроссинговер и селекция.

Характерной чертой генетического алгоритма является применение оператора «скрещивания», роль которого аналогична роли скрещивания в живой природе.

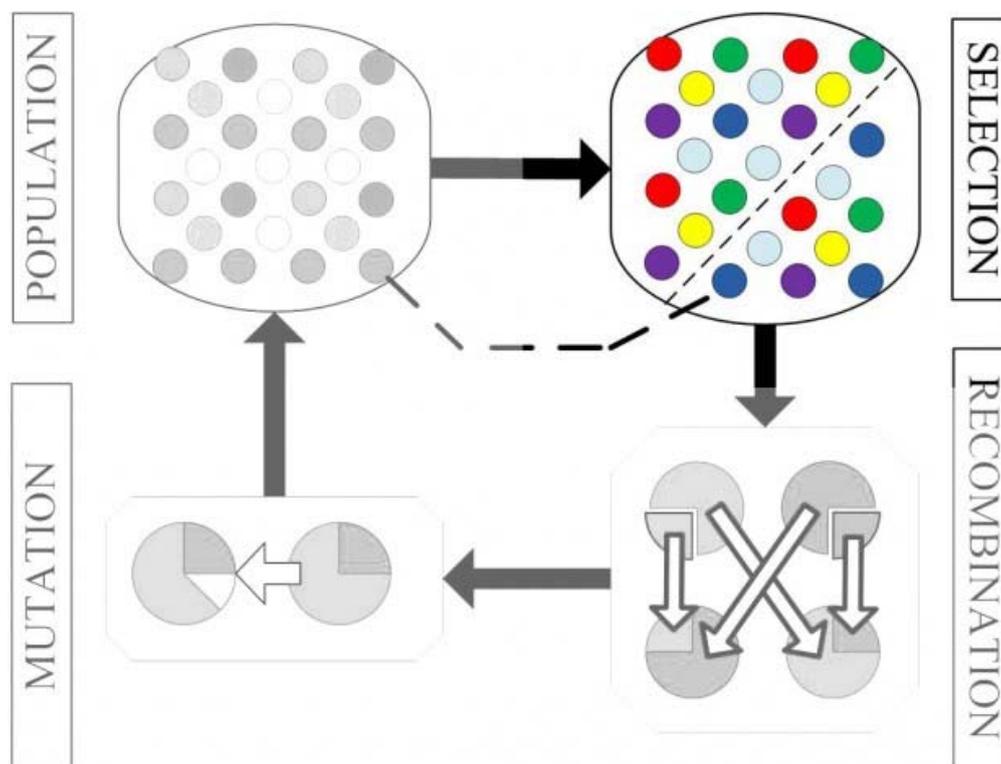


Рис. 1. Механизмы естественного отбора

Решаемая задача представляется в таком виде, чтобы решение сводилось к созданию вектора («генотипа») генов, где каждый элемент представлен битом, числом или каким-либо объектом. Классические реализации генетических алгоритмов подразумевают, что генотип всегда имеет фиксированную длину.

Далее для создания начальной популяции создается множество генотипов. Для их оценивания используется «функция приспособленности», в следствии чего за каждым генотипом закрепляется определенное значение («приспособленность»), которое определяет, насколько хорошо фенотип справляется с решением поставленной задачи.

Из полученного множества промежуточных решений («поколение») выбираются те, которые имеют наивысшие значения «приспособленности». В дальнейшем, для получения новых решений, к ним применяются «генетические операторы», такие как «скрещивание» (*crossover*) и «мутация» (*mutation*), а затем вычисляются новые значения приспособленности. В результате «селекции» лучшие из них переходят в следующее поколение.

Все описанные действия могут повторяться в течение нескольких итераций, тем самым моделируя «эволюционный процесс» (рис. 2).

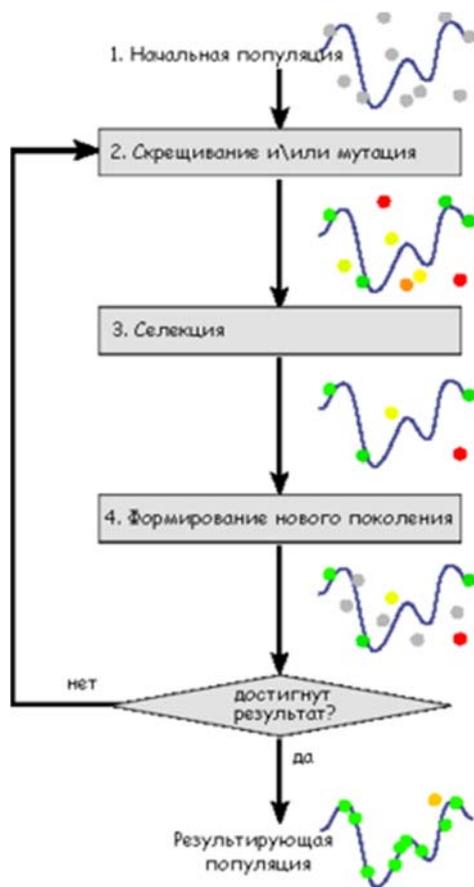


Рис. 2. Схема работы генетического алгоритма

остановки – переход в конец цикла. Иначе – в начало цикла.

Несмотря на очевидные преимущества использования генетических алгоритмов, нужно понимать, что они плохо масштабируются, исходя из сложности решаемой задачи. Чем больше рассматриваемая область поиска решений, тем больше число элементов будет подвержено процессу «мутации». Это ведет к тому, что использовать вычислительную технику может быть весьма затруднительно. Для того чтобы в полной мере решать проблемы с помощью эволюционных алгоритмов, их нужно разделить на простейшие подзадачи. Например, в случае применения генетических алгоритмов для проектирования дома, необходимо проектировать стены, пол, крышу, интерьер по-отдельности, а не все здание в целом. Ещё одна проблема, связанная со сложностью, как защитить элементы, которые, в следствии эволюции, стали оптимальными решениями своих подзадач, от разрушительной мутации в тот момент, когда от них потребуется совместимость с остальными компонентами в процессе сборки.

Опираясь на вышеизложенное, составим алгоритм, который сможет из входных данных синтезировать конечное расписание. В качестве начальных условий используем информацию о:

Он продолжается несколько жизненных циклов (поколений), пока не выполнится условие остановки работы алгоритма. Их может быть несколько:

- нахождение общего решения задачи;
- исчерпание числа поколений, пригодных для эволюции;
- исчерпание времени, в пределах которого могли происходить эволюции.

Выделяют несколько этапов работы генетического алгоритма:

- задание целевой функции (пригодности) для особей популяции;
- компоновка начальной популяции (начало цикла);
- скрещивание;
- мутация;
- вычисление значений целевой функции для всех особей;
- формирование нового поколения (селекция);

- в случае выполнения условия

- преподавателях;
- дисциплинах, необходимых к прочтению;
- аудиториях (их доступности в какое-либо время).

Такой подход к автоматизации составления расписания позволит найти оптимальное решение из множества возможных и ускорить его процесс.

#### Список используемых источников

1. Безгинов А. Н., Трегубов С. Ю. Комплекс алгоритмов построения расписания вуза. Ч. 1: Система оценки качества расписания на основе нечетких множеств, алгоритм поиска оптимального расписания // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта, 2011. Вып. 5. С. 127–135.
2. Безгинов А. Н., Трегубов С. Ю. Многокритериальный подход к оценке расписания занятий на основе нечеткой логики // Проблемы управления, 2011. Вып. 2. С. 52–59.

УДК 004.93

## СВЕРТОЧНЫЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ КАК ОСНОВА КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ

**Н. С. Капитонов, Ф. В. Филиппов**

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*В статье рассмотрено компьютерное зрение в современных реалиях. Рассказаны способы его реализации, а также обоснован выбор наиболее оптимального на данный момент – способа сверточных нейронных сетей. Описаны основные принципы работы сверточных нейронных сетей, их преимущества и недостатки. Приведены данные о текущем использовании сверточных нейронных сетей в имеющихся системах компьютерного зрения. Исследованы теоретические возможности улучшения работы путем изменения внутренних параметров.*

*сверточная нейронная сеть, компьютерное зрение, распознавание образов.*

Компьютерное зрение – активно развивающееся в данный момент направление науки и технологии, занимающееся проблемой создания систем, способных к распознаванию образов. Основной задачей в этой области является инвариантное распознавание изображений. Несмотря на значительный успех, распознавание изображений лишь в немногих случаях способно сравниться или превзойти восприятие у человека. В целом, задача инвариантного распознавания изображений до сих пор не решена. Существуют различные методы для инвариантного распознавания изображений:

потенциальные функции, байесовские сети, Марковские сети, искусственные нейронные сети, различные виды ассоциативной памяти и др. В настоящее время для инвариантного распознавания изображений наилучшие результаты показывают стохастические модели, а именно, подкласс искусственных нейронных сетей – сверточные нейронные сети (СНС), с помощью которых получают лучшие результаты.

Свёрточная нейронная сеть – специальная архитектура искусственных нейронных сетей, созданная для эффективного распознавания изображений. Эта технология построена по аналогии с принципами работы зрительной коры головного мозга, в которой были открыты так называемые простые клетки, реагирующие на прямые линии под разными углами, и сложные клетки, реакция которых связана с активацией определённого набора простых клеток. Идея специализированных компонентов внутри системы, которые решают конкретные задачи и является основой СНС.

Типовая СНС состоит из большого количества слоёв. Входное изображение. Являющееся начальным слоем, проходит серию свёрточных слоёв, в которых чередуется собственно свёртка и субдискретизация. Благодаря чередованию слоёв составляются карты признаков, которые уменьшаются на каждом следующем слое, постепенно вырождаясь в вектор или скаляр, но увеличивается количество таких карт и каналов, что позволяет распознавать сложные иерархий признаков. На выходе свёрточных слоёв сети дополнительно устанавливаются несколько слоёв полносвязной нейронной сети (перцептрон), на вход, которому подаются оконечные карты признаков.

В свёрточной нейронной сети в операции свёртки используют ограниченную матрицу весов небольшого размера, которую «двигают» по обрабатываемому слою, тем самым формируя после каждого сдвига сигнал активации для нейрона следующего слоя с аналогичной позицией. Таким образом, для различных нейронов выходного слоя используется одинаковая матрица весов, которую также называют ядром свёртки, которая представляет из себя графическое кодирование какого-либо признака. Получившийся в результате операции свёртки такой матрицей весов слой показывает наличие данного признака в обрабатываемом слое и её координаты, формируя карту признаков. В СНС имеется набор различных весов, кодирующих элементы изображения. Эти наборы весов самостоятельно формируются в процессе обучения сети классическим методом распространения ошибки. Проход каждым набором весов формирует свой собственный экземпляр карты признаков, делая нейронную сеть многоканальной [1].

Операция субдискретизации выполняет уменьшение размерности сформированных карт признаков. Так как в СНС считается, что информация о факте наличия искомого признака важнее точного знания его координат, то из нескольких соседних нейронов карты признаков выбирается макси-

мальный и принимается за один нейрон уплотнённой карты признаков меньшей размерности. Эта операция позволяет ускорить дальнейшие вычисления и сделать сеть менее зависимой от масштаба входного изображения.

Главным преимуществом СНС является то, что по сравнению с полносвязной нейронной сетью в ней имеется гораздо меньшее количество настраиваемых весов. Так как одно ядро весов используется для всего изображения, сеть при обучении обобщает демонстрируемую информации, а не запоминает ее. Благодаря этому СНС является одним из лучших алгоритмов по распознаванию и классификации изображений. Однако, при меньшем количестве весов, такая сеть имеет большое количество настраиваемых параметров, каждый из которых для каждой новой задачи необходимо подбирать эмпирически, так как это существенно влияет на результат работы сети.

Также к достоинствам СНС можно отнести, распараллеливание вычислений, относительная устойчивость к повороту и сдвигу распознаваемого изображения и обучение при помощи классического метода обратного распространения ошибки.

В настоящее время СНС реализуются в основном как отдельные библиотеки для уже имеющихся программ, либо для расширения высокоуровневых языков обработки данных. В качестве примера можно привести библиотеку Deep Learn Toolbox для MATLAB. Также предварительно обученные СНС используются в качестве ядра систем зрения в робототехнике.

При всех имеющихся возможностях систем распознавания, они еще не достигли требуемого уровня, поэтому, необходимо улучшение их работы. Существует несколько вариантов увеличения качества распознавания без предварительного создания человеком большой выборки, что является довольно трудоемким процессом [2].

Возможно использовать специальные алгоритмы, которые перед началом процесса обучением расширяют обучающее множество. В этом случае, как и при создании выборки большего размера, создание, проверка и настройка данных алгоритмов является сложной задачей. В данном случае также происходит расширение выборки, только не ручным, а автоматическим способом. Такой подход применим, например, когда известно, что все распознаваемые объекты строятся по определенному принципу.

Также возможно использовать метод регуляризации. Этот метод приводит к более сложному обучению, к тому же, необходимо будет выработать устойчивость сети к требуемым искажениям.

Основным методом в случае СНС можно считать изменение внутренних параметров математической модели сети. Главным недостатком данного метода можно считать то, что все изменения будет необходимо подбирать эмпирическим путем, и полученный результат зачастую может не соответствовать ожидаемым улучшениям в работе сети. Примером изменения

внутренних параметров сети можно считать изменения формы рецептивных полей сверточной нейронной сети [3]. Таким образом, создаются искажения и расширяется обучающая выборка. Реализация предлагаемого подхода для обучения СНС требует адаптации алгоритма обратного распространения ошибки.

Компьютерное зрение – перспективная область науки и технологии, которая раскрывает новые возможности в самых различных сферах. В данный момент. Сверточные нейронные сети являются основой, и от того, как они будут совершенствоваться и улучшаться, и зависит развитие компьютерного зрения.

#### Список используемых источников

1. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. Изд-е 3-е, испр. и доп. М.: Техносфера. 2012. 1104 с.
2. Галушкин А. И. Нейронные сети: основы теории. М.: Горячая линия-Телеком. 2010. 496 с.: ил.
3. Немков Р. М. Разработка нейросетевых алгоритмов инвариантного распознавания образов: дис. ... канд. техн. наук: 05.03.18 / Немков Роман Михайлович. Ставрополь, 2015. 162 с.

УДК 004.42

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОДХОДОВ К РАЗРАБОТКЕ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ВИЗУАЛИЗАЦИИ

**Л. П. Козлова, А. В. Трофимов**

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*Разработка программных средств визуализации данных становится все более популярным направлением во многих сферах деятельности. Благодаря преобразованию больших объемов данных в наглядные графические сцены, данное направление позволяет открыть новые возможности для исследований. Исходя из объема данных, затрат средств и времени, а также задач визуализации, разработка программных средств условно разделяется на несколько групп, каждая из которых имеет свои преимущества.*

*программное средство, объемы данных, визуализация, мобильные устройства, разработка.*

Визуализация данных имеет большое практическое значение и является очень важной составляющей процесса научных исследований. Она позволяет представлять все этапы научного эксперимента в графическом виде, делая их более наглядными для человека. На современном этапе развития естественных и гуманитарных наук объекты исследования, стали настолько сложны, что традиционные средства визуализации – диаграммы, графики и таблицы – оказываются уже недостаточно актуальными. При использовании новых средств визуализации возникает потребность в новых мультимедийных возможностях ЭВМ, к которым относятся трёхмерные модели и интерактивные виртуальные миры, позволяющие более детально представлять пространственные и временные данные. В настоящее время такого рода средства активно используются в сочетании с технологиями дополненной реальности, что позволяет в автоматическом режиме объединять образы, синтезированные на компьютере, с реальной картиной мира.

С развитием технологий визуализации растёт и спрос к разработке программных средств для ее реализации, требующих формирования новых подходов. Условно их можно разделить на три группы: разработка для суперкомпьютеров, разработка для персональных компьютеров и разработка для мобильных устройств.

Первый подход направлен на разработку программных средств для визуализации больших объемов данных в ходе научного эксперимента. Аппаратная часть суперкомпьютеров способна представлять данные в трехмерных моделях, создавать интерактивные виртуальные миры и многое другое за короткое время и даже во время эксперимента [1]. Единственным недостатком подхода является доступ к суперкомпьютерам для тестирования и использования средств визуализации. Наиболее популярные программы в области научной визуализации являются AVS, Fluent, FemLab и пр. Данные продукты являются коммерческими и поэтому обладают многочисленным набором средств визуализации для различных задач.

Второй подход направлен на разработку для визуализации меньших объемов данных за короткое время. Современные персональные компьютеры, справляющиеся с несколькими задачами, поставленными для суперкомпьютеров одновременно, требуют намного больше времени и ресурсов. Примерами программных средств моделирования и визуализации для персональных компьютеров являются Mathematica, Stalistica, SPSS и др. [2]. Данные продукты представляют собой системы комплексного статического анализа и наиболее популярны в настоящее время. Зачастую такой подход не позволяет визуализировать данные во время научного эксперимента, а работает только с их результатами.

Третий подход направлен на разработку средств для визуализации на мобильных устройствах, в основном это планшеты и смартфоны. В нем

разрабатывается только интерфейс визуализации, а все вычисления и построения происходят на стороне сервера. Данный метод не включает в себя разработку алгоритмов для обработки научных вычислений, а направлен на обмен данными с персональным компьютером или суперкомпьютером, проводящим вычисления и построение изображения. Он позволяет облегчить доступ к суперкомпьютерам, а также обеспечить дистанционное получение результатов научных исследований в виде итогового изображения.

В настоящее время идет быстрое развитие мультимедийных средств вычислительной техники и мобильных устройств как в сторону увеличения производительности, так и в сторону создания новых средств человеко-машинного взаимодействия. Одним из современных примеров такого программного средства является разработка Пермского Государственного Национального Исследовательского Университета – SciVi. По словам разработчиков [3], данный продукт способен отображать огромные массивы данных и результаты их аналитики в различных форматах: от биржевых котировок до трехмерных моделей визуализации.

Таким образом, каждый из трех сравниваемых подходов имеет свою аудиторию. При выборе программных средств следует учитывать требования прикладной разработки. Для научных исследований с высокой сложностью целесообразней использовать первый подход, направленный на разработку программных средств для суперкомпьютеров. В случае разработок с ограниченным бюджетом как по времени, так и по стоимости, оптимальный выбор представляет второй подход, который направлен на разработку средств визуализации для персональных компьютеров. В случае разработок для конечного пользователя и в случае, когда необходимо получать итоговое изображение по результатам научных вычислений, оптимальным выбором является третий подход, направленный на разработку программных средств визуализации для мобильных устройств. В зависимости от целей, задач и средств научных исследований каждый из подходов может быть предпочтительнее остальных.

#### Список используемых источников

1. Ненаженко Д. В., Радченко Г. И. Удаленная визуализация больших объемов данных // Вестник Южно-Уральского государственного университета. 2015. № 4. С. 21–32.
2. Таранчук В. Б. Возможности и средства Wolfram Mathematica для разработки интеллектуальных обучающих систем // Научные ведомости Белгородского университета. 2015. № 1. С. 102–110.
3. Рябинин К. В. Методы и средства разработки адаптивных мультиплатформенных систем визуализации научных экспериментов: дис. ... канд. физ.-мат. наук: 05.13.11 / Рябинин Константин Валентинович. М., 2015. 207 с.

УДК 681.5

## ПРИНЦИПЫ СТАНДАРТА STEP

Л. П. Козлова

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*Одним из наиболее распространенных форматов данных, применяющихся при интеграции CALS-технологий, является стандарт STEP. Его применение обеспечивает единообразное описание и интерпретацию данных в автоматизированных системах на различных этапах жизненного цикла в разных отраслях промышленности. Внедрение STEP позволяет сэкономить значительные человеческие и материальные ресурсы.*

*международный стандарт, CALS-технология, формат, обмен данными, протокол применения*

На современном этапе невозможно представить проектирование и производство высокотехнологичной и наукоемкой продукции без использования компьютерной техники и современных информационных технологий на всех стадиях жизненного цикла изделия, обеспечивающих единообразные способы управления процессами и взаимодействием всех участников этого цикла – CALS-технологий.

При конструировании и производстве используются различные системы, которые имеют свой формат данных, поэтому одна и та же информация должна быть введена много раз, а это неизбежно порождает ошибки и несогласования.

В 1984 году на смену форматам IGES (*Initial Graphics Exchange Specification*), SET (*Settings File*) и VDA-FS (*Targa Bitmap Image File*) начали разрабатывать формат STEP (*Standard for the Exchange of Product model data*), который регламентирует: логическую структуру базы данных (БД), номенклатуру информационных объектов, хранимых в БД, их связи и атрибуты. В 1994/95 гг. ISO опубликовала начальную версию STEP как международный стандарт (IS). Сегодня наиболее важными для цифрового проектирования частями STEP являются входящие в стандарт 10303 протоколы приложений (AP) 214 и 203. Эти протоколы можно использовать в CAD-, CAM- и CAE-системах для обеспечения экспорта и импорта данных об изделии. Движущими силами в деле развития формата STEP были ProSTEP iViP Association и консорциум PDES, Inc [1].

Структура стандарта ISO 10303 состоит из ряда томов (рис. 1) и использует следующие важные понятия:

- Application Activity Model (AAM) – функциональная модель IDEF0 для определенного приложения;
- Application Requirements Model (ARM) – модель, представляющая данные с точки зрения пользователя (в этой модели данные могут быть выражены как средствами, типичными для приложения, так и с использованием синтаксиса языка Express);
- Application Interpreted Model (AIM) – ARM модель, переведенная в STEP представление с использованием ряда унифицированных в STEP понятий, закрепленных в интегрированных ресурсах;
- Application Protocol (AP) – STEP стандарт, отражающий специфику конкретного приложения;
- Standard Data Access Interface (SDAI) – программный интерфейс к базе данных, разделяемой рядом прикладных систем и представленной на языке Express, SDAI представляет собой унифицированный набор процедур доступа к базе данных, используется в STEP средах для организации обменов между приложениями через общую базу данных.



Рис. 1. Структура стандарта ISO 10303

Цель стандарта ISO 10303 – дать нейтральный механизм описания данных о продукте на всех стадиях его жизненного цикла, не зависящего от конкретной системы, под которой понимается не только материальный продукт производства, но и результат любого процесса.

Использование нейтрального механизма обмена данными перед традиционным позволит значительно сократить взаимосвязи между ними (рис. 2) и, соответственно, избежать возникновения различных ошибок.

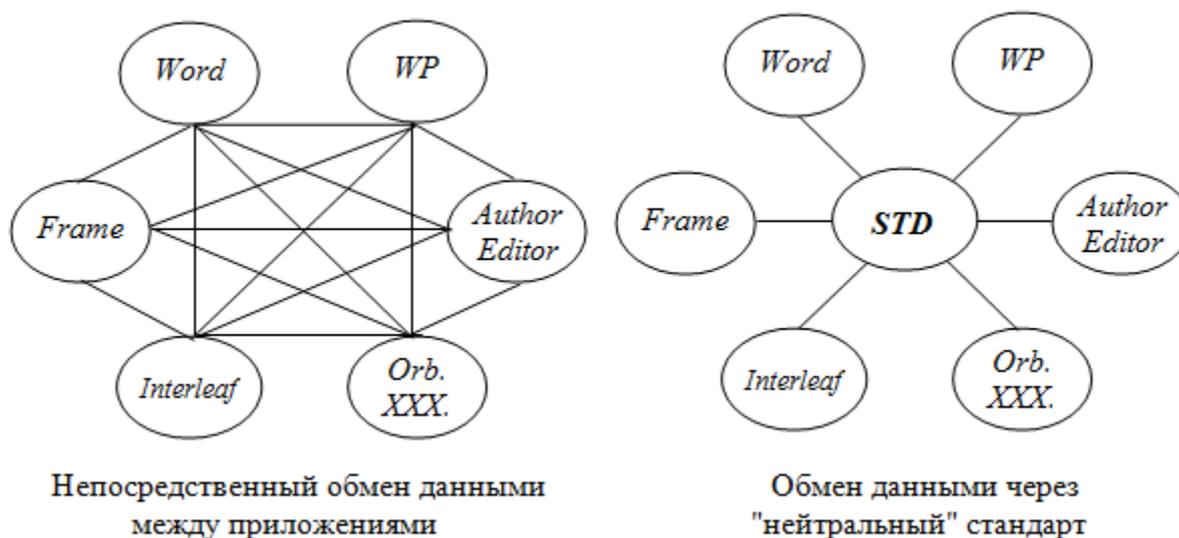


Рис. 2. Сравнение количества взаимосвязей нейтрального и традиционного механизмов передачи данных

Существует много разработчиков SDK для формата STEP, например, Software Development Kit, Uragan Recognition Module (Urm SDK) и др. Это комплексный набор средств для чтения и записи STEP и других форматов. Инструментарий STEP поддерживает языки C++, C и Java почти на всех платформах. Все SDK для STEP, существующие на рынке, работают очень надежно и предлагают полный диапазон функций.

Утверждать, что ISO 10303 является стандартом обмена данными о продукте, можно лишь при расширенной трактовке STEP как стандарта, включающего в себя ISO 128, ISO 13584 (P-LIB – *Parts Library*), ISO 15331 (MANDATE – *Manufacturing management data*), ISO 8879 Standard Generalized Markup Language (SGML).

На современном этапе в Российской Федерации переведено ряд томов ISO 10303 и обозначаются как ГОСТ Р ИСО 10303.

Таким образом, стандарт STEP дает пользователям такое преимущество, как возможность выбора не зависящей от поставщика технологии, наиболее подходящей для своих задач.

#### Список используемых источников

1. Dr. Arnulf Frohlich Сравнение 3D-форматов. Исследование компании PROSTEP [Электронный ресурс] // Машиностроение и смежные отрасли. 2011. № 4 (64). С. 53–62. URL: [http://www.cadcamcae.lv/hot/PROSTEP\\_n64\\_p53.pdf](http://www.cadcamcae.lv/hot/PROSTEP_n64_p53.pdf) (дата обращения 25.02.2017).

УДК 681.5

## ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗА В СИСТЕМАХ КАРТОГРАФИИ

**О. А. Козлова**

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*Рассмотрено одно из современных направлений развития информационных систем по пути интеллектуального анализа данных, связанное с системами картографии. Представлена процедура распознавания образов, являющаяся обязательной составляющей системы картографии. Описана специфика применения типовых алгоритмов под данную предметную область.*

*картография, геоинформационные системы, распознавание образов.*

Картография была необходима еще в те времена, когда человек только вставал на путь своего развития, а технические системы были в лучшем случае неисполнимым плодом фантазии. И сейчас, в век глобальной автоматизации, картография невероятно востребована и актуальна. Более того, если раньше необходимость в понимании территории была уделом узких социальных групп: военных, путешественников, т. п., то теперь необходимость уточнить дорогу возникает практически у каждого человека.

Конечно, старинный метод использования бумажных карт все еще существует, однако уже давно не является единственным или самым востребованным. Геоинформационные технологии надежно укоренились в разных областях человеческой деятельности. Так невозможно представить самолеты без системы автопилота, а легковые машины зачастую снабжены навигаторами. Простые туристы используют различные картографические системы, установленные на смартфоны и планшеты. Большинство сайтов, рекламирующих различные услуги или магазины, снабжены встроенными картами, помогающими найти реальный адрес.

Создание картографических систем сопряжено с рядом задач, к которым можно отнести:

- построение исходного изображения;
- последующее редактирование изображения;
- поиск конкретных объектов на созданной карте;
- прокладывание маршрутов;
- геопозиционирование.

Геоинформационное картографирование базируется на анализе данных с дистанционного зондирования, которые впоследствии преобразуются в знаковую информационную модель. Отсюда логически вытекает главное отличие геоинформационных систем от бумажных карт: это не просто картинка на электронном носителе – это набор данных, с помощью которых можно реализовывать различные задачи. В свою очередь, выполнение этих задач непосредственно связано с задачей распознавания образа.

Изначально, создание внешнего представления карт, которое перетекло и в современные системы, было связано с человеческим восприятием объектов. И даже школьник, не понимающий, что такое широта и долгота, безошибочно определит длинную голубую линию как реку, а зеленый участок будет явно связан с растительностью. Современные же исследования показали, что для восприятия очень важны цветовая реализация, в том числе и контрастность, текстура, а также наделение изображенных объектов реальными свойствами.

Аналогичные аспекты ложатся и в основу технического распознавания образов: соотношение размеров и положения объектов, цветовые контрасты, текстуры, прочее.

В общем случае в процессе распознавания геоинформационной системы можно выделить следующие подзадачи:

- первичное считывание изображения, которое предоставляет исходную информацию для дальнейшего анализа;
- процесс кластеризации информации, который зависит от задач, поставленных предметной областью;
- окончательное уточнение всех нюансов полученных результатов;
- оценка качества результатов.

При первичном считывании распознается общий фон изображения, а также решается задача сегментации. Именно сегментация отвечает за выделение отдельных объектов на изображении.

Здесь целесообразно отметить следующие важные особенности:

1. Сегменты должны иметь четкие границы и основательно отличаться друг от друга. Если отличие несущественно, то для графического образа это может означать не отдельно выделенный объект, а лишь искажение передачи цвета ввиду внешних помех.
2. Каждый сегмент является отдельным объектом.
3. Изображение внутри каждого сегмента должно иметь однородную текстуру.

Первые алгоритмы сегментации были разработаны для работы с черно-белыми изображениями и не учитывали цветовые решения. Причем, эти алгоритмы до сих пор распространены и используются в ряде задач. Отсюда возникает первый аспект, на который стоит обратить внимание при выборе

алгоритма: важно четко понимать к какому классу алгоритмов сегментации принадлежит выбранный для данной конкретной системы.

Еще одной сложностью является выбор оценки критерия качества сегментации. К универсальному способу можно отнести выбор одного или нескольких важных свойств изображения и дальнейшее соотнесение результатов сегментации с данными свойствами. Однако полноценно оценить качество сегментации можно только в совокупности с оценкой результатов работы системы распознавания образов.

Существует много различных вариаций в классификации алгоритмов сегментации. Наиболее полно учитывающую все нюансы алгоритмов можно считать следующую классификацию:

- выбор обработки изображения, которая, в свою очередь, делится на последовательную, параллельную и смешанную;
- определения характерных свойств изображения, выявляющие особенности сегментов;
- выявление цветовых контрастов изображения, которое может быть наиболее существенно при распознавании картографических систем;
- определение критерия для проведения сегментации [1].

После первичного считывания изображения в процессе начинают играть важную роль задачи, поставленные перед геоинформационной системой. Исходя из их особенностей, выбирается алгоритм кластеризации данных.

Смысл кластеризации заключается в разбиении элементов на группы в соответствии с выделенными критериями деления.

Существует множество алгоритмов кластеризации, однако все они опираются на следующую последовательность действий:

1. Выявления из априорных данных их свойств, которые могут быть численными (размер участка изображения) или не численными (цветовая реализация, текстура).

2. Установка признаков или совокупности признаков, которые будут считаться базовыми для каждого кластера. При этом важно, чтобы каждый кластер обладал уникальным соотношением признаков. Здесь же определяется мера близости, по которой производится расчет каждого конкретного объекта при определении его кластера.

3. Выбор конкретного алгоритма кластеризации. Это сложный этап, в котором необходимо учитывать, как всю задачу в целом, так и каждый ее нюанс.

4. Непосредственно сам процесс кластеризации.

5. Получение и анализ результатов. На этом этапе может возникнуть необходимость повторить процедуру кластеризации или вовсе изменить алгоритм.

Существует несколько способов определения качества работы алгоритма кластеризации:

- проверка каждого элемента кластера на соответствие выделенному признаку;
- выбор одного или нескольких элементов из каждого кластера и проверка на соответствие выделенному признаку;
- повторное прохождение алгоритма с включением в него дополнительных признаков: если результат оказался идентичным, то можно сделать вывод о правильности выбора алгоритма [2].

Кластеризация – это сложная задача и важный этап в процессе распознавания в картографии, поэтому подходить к нему необходимо с особой тщательностью. К примеру, нельзя забывать, что один и тот же алгоритм может дать как корректные, так и ложные результаты при разных поставленных задачах. С другой стороны, само изображение может иметь похожие цветовые решения у совершенно разных объектов. Сложным вопросом является выбор числа кластеров.

После кластеризации происходит окончательное определение объектов, в которое входит и вывод результатов распознавания изображения, после чего можно определить: подходит ли этот алгоритм для реализации поставленной задачи. На практике это может означать, например, выделение запрашиваемой улицы на карте города или построение траектории полета летательного аппарата.

Задачи, которые решают картографические системы, очень разнообразны: некоторые из них незначительны, а от грамотной реализации других может зависеть очень многое, поэтому крайне важно внимательно и тщательно подходить к выбору каждого компонента задачи распознавания образов в геоинформационных системах.

#### **Список используемых источников**

1. Поршнев С. В., Левашкина А. О. Универсальная классификация алгоритмов сегментации изображений // Журнал научных публикаций аспирантов и докторантов. 2008. № 3. С. 23. URL: <http://jurnal.org/articles/2008/inf23.html> (дата обращения 23.01.2017).
2. Козлова О. А., Козлова Л. П. Роботы тоже могут видеть // Известия. 2009. № 10. С. 47–52.

*Статья представлена заведующим кафедрой информационных управляющих систем, доктором технических наук, профессором Л. К. Птицыной.*

УДК 004.7:004.422.8

**ВЫБОР АЛГОРИТМА ПЛАНИРОВАНИЯ  
ДЛЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ  
СЕРВИС-ОРИЕНТИРОВАННЫХ СИСТЕМ****Д. А. Кондратьев, Л. К. Птицына, Н. Эльсабаяр Шевченко**

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*Актуализировано включение сервиса планирования в состав сервис-ориентированных систем. Описано назначение сервиса планирования в интеллектуальных сервис-ориентированных системах. Представлены формализмы для описания сервисов, задействованных в конфигурировании интеллектуальных сервис-ориентированных систем. Раскрыты формализмы для описания алгоритмов планирования. Выбраны формальные приёмы описания окружающей среды для интеллектуальных сервис-ориентированных систем. Выделены принципы формирования базиса алгоритмов планирования для конфигурирования интеллектуальных сервис-ориентированных систем. Сформирована система показателей качества планирования. Рассмотрено поведение выбранных показателей для представленного базиса алгоритмов планирования. Приведены основные положения методики выбора алгоритма планирования для интеллектуальных сервис-ориентированных систем.*

*сервис-ориентированная система, планирование, алгоритм, формализм, качество.*

По мере укрупнения бизнес-компаний в их инфраструктуру внедряются сервис-ориентированные системы, которые предназначены для рационального взаимодействия с клиентами и партнерами с целью повышения эффективности работы компаний. Сервис-ориентированные системы характеризуются гибким использованием сетевых ресурсов, индивидуальным подходом к клиентам, оперативностью, простотой использования, высокой доступностью и интеграцией с существующими информационными системами партнеров.

Инновационный подход к развитию IT-инфраструктур бизнес-компаний, внедряющих сервис-ориентированные системы, базируется на разработке и применении интеллектуальных компонент, ориентированных на гибкое технологическое сопровождение функциональности и легкости применения, возможности использования языков партнеров, поддержки принятия управленческих решений, требований и пожеланий клиентов, интерфейсных предпочтений и приемлемых показателей оперативности в управлении информацией.

Применительно к условиям динамического изменения среды информационных инфраструктур для обеспечения гибкого технологического

сопровождения в [1] предлагается механизм конфигурирования сервис-ориентированной системы, основанный на планировании. Представленные основания актуализируют включение сервиса планирования в состав сервис-ориентированных систем.

На сервис планирования возлагается задача конфигурирования сервис-ориентированной системы для работы в сети с определённым набором средств. При этом учитывается некоторый набор ограничений, учитывающий специфику информационной инфраструктуры.

В контексте представленной задачи каждый сервис  $S_i$  системы описывается с помощью множества предусловий и постусловий:

$$S_i = \langle \mathbf{PREC}_{S_i}, \mathbf{POST}_{S_i} \rangle,$$

где  $\mathbf{PREC}_{S_i}$  – множество предусловий сервиса  $S_i$ ;  $\mathbf{POST}_{S_i}$  – множество постусловий сервиса  $S_i$ .

План решения исходной задачи формируется посредством трансформации частичного плана, который формально описывается кортежем

$$\langle \mathbf{T}, \mathbf{ST}, \mathbf{C} \rangle,$$

где  $\mathbf{T}$  – множество шагов плана;  $\mathbf{ST}$  – отображение шагов плана на множество базовых сервисов;  $\mathbf{C}$  – множество ограничений.

В процесс выбора включаются алгоритмы нелинейного планирования, поскольку с их помощью успешно решаются такие задачи, которые не могут решаться с применением алгоритмов линейного планирования.

Для алгоритмов нелинейного планирования выполняется структурное описание с определением способа выбора подцели, используемой стратегии консервации и стратегии снижения вычислительной сложности, соответствующих процедурам обобщённого алгоритма планирования.

Согласно результатам анализа функциональных спецификаций алгоритмов планирования, в описании конструктора решений и выбора подцели предусматриваются следующие варианты:

- проверка условия завершения и выбор подцели на основе модального критерия истинности –  $\langle MTC \rangle$ ;

- проверка условия завершения на основе пустоты текущего множества подцелей и произвольный выбор подцели из текущего множества подцелей –  $\langle ARB \rangle$ .

В описании консервации допускаются три варианта:

- консервация не проводится –  $\langle NC \rangle$ ;

- консервация осуществляется посредством односторонней защиты каузальных связей –  $\langle SGL \rangle$ ;

– консервация выполняется путём двусторонней защиты каузальных связей –  $\langle DBL \rangle$ .

Среди стратегий снижения вычислительной сложности различаются три случая:

- снижение вычислительной сложности не используется  $\langle NO \rangle$ ;
- снижение вычислительной сложности выполняется с помощью разрешения конфликтов  $\langle CFT \rangle$ ;
- снижение вычислительной сложности осуществляется путём упорядочивания шагов  $\langle ORD \rangle$ .

Характеристические параметры окружающей среды определяются совокупностью функциональных спецификаций сервисов, их предусловий и постусловий.

При формировании базиса алгоритмов планирования соблюдаются следующие принципы:

- каждый алгоритм реализует некоторый метод нелинейного планирования;
- каждый алгоритм описывается в контексте использования процедур обобщённого алгоритма планирования.

В систему показателей качества планирования вводятся универсальные и специфические показатели.

Универсальные показатели применяются для отражения наиболее важных свойств алгоритмов планирования в прикладном контексте. Эти показатели могут рассматриваться при анализе любого алгоритма планирования.

Наиболее часто универсальными показателями отражаются функциональность, качество решения, вычислительная сложность, быстродействие, предсказуемость.

Специфические показатели выделяются для каждого класса алгоритмов планирования. Применительно к классу алгоритмов нелинейного планирования рассматриваются специфические показатели, отражающие степень ветвления дерева поиска решения, глубину дерева поиска, степень избыточности дерева поиска, показатель состоятельных вершин дерева поиска, вычислительную стоимость.

В предлагаемую методику выбора алгоритма планирования для интеллектуальных сервис-ориентированных систем включаются следующие этапы деятельности:

1. Описание каждого сервиса  $S_i$  системы с помощью множества предусловий и постусловий.
2. Формирование множества алгоритмов нелинейного планирования.

3. Структурное описание алгоритмов нелинейного планирования с определением способа выбора подцели, используемой стратегии консервации и стратегии снижения вычислительной сложности.

4. Формирование базиса алгоритмов нелинейного планирования. В опорный базис  $\Omega$  включаются следующие алгоритмы, описанные в [2]:

$$\begin{aligned} SNLP &= \langle ARB, DBL, CFT \rangle, \quad NONLIN = \langle ARB, SGL, CFT \rangle, \\ MDC &= \langle MTC, DBL, CFT \rangle, \quad TWEAK = \langle MTC, NC, NO \rangle, \\ UA &= \langle MTC, NC, ORD \rangle, \quad MSC = \langle MTC, SGL, CFT \rangle. \end{aligned}$$

Опорный базис может расширяться за счёт подключения новых алгоритмов.

5. Формирование множества показателей качества алгоритмов планирования.

В опорное множество вводятся универсальные и специфические показатели:

$v_F(P, w)$  – показатель функциональности, определяемый как отношение числа правильно решённых задач планирования к их общему числу;

$P$  – задача планирования;

$w$  – алгоритм планирования;

$v_T(P, w)$  – среднее время решения одной задачи планирования;

$v_M(P, w)$  – средний объём оперативной памяти, необходимой для решения одной задачи планирования;

$v_B(P, w)$  – общее число вершин дерева поиска решения задачи планирования;

$v_{B_a}(P, w)$  – число вершин дерева поиска решения задачи планирования, в которых производится хотя бы один рекурсивный вызов алгоритма планирования.

6. Выбор основного показателя качества планирования среди показателей опорного множества, сформированного в п. 5.

7. Переход к рассмотрению поведения относительных показателей качества алгоритмов планирования

$$v'(P, w) = \frac{v(P, w)}{\min_{\psi \in \Omega} v(P, \psi)},$$

$\psi$  – алгоритм планирования.

В таблице представляются оценки показателя функциональности.

ТАБЛИЦА. Оценки показателя функциональности

Алгоритм планирования	$v_F(II, w)$
$SNLP = \langle ARB, DBL, CFT \rangle$	0.975
$NONLIN = \langle ARB, SGL, CFT \rangle$	0.985
$MDC = \langle MTC, DBL, CFT \rangle$	0.97
$TWEAK = \langle MTC, NC, NO \rangle$	0.95
$UA = \langle MTC, NC, ORD \rangle$	0.91
$MSC = \langle MTC, SGL, CFT \rangle$	0.98

На рис. приводятся результаты экспериментального исследования алгоритмов планирования, отражающие поведение показателей качества, где  $\epsilon$  – отклонение от минимального значения относительного показателя.

8. Выбор алгоритма планирования  $w$ , которому соответствуют наилучшие значения выбранного показателя качества планирования  $v'(II, w)$ .

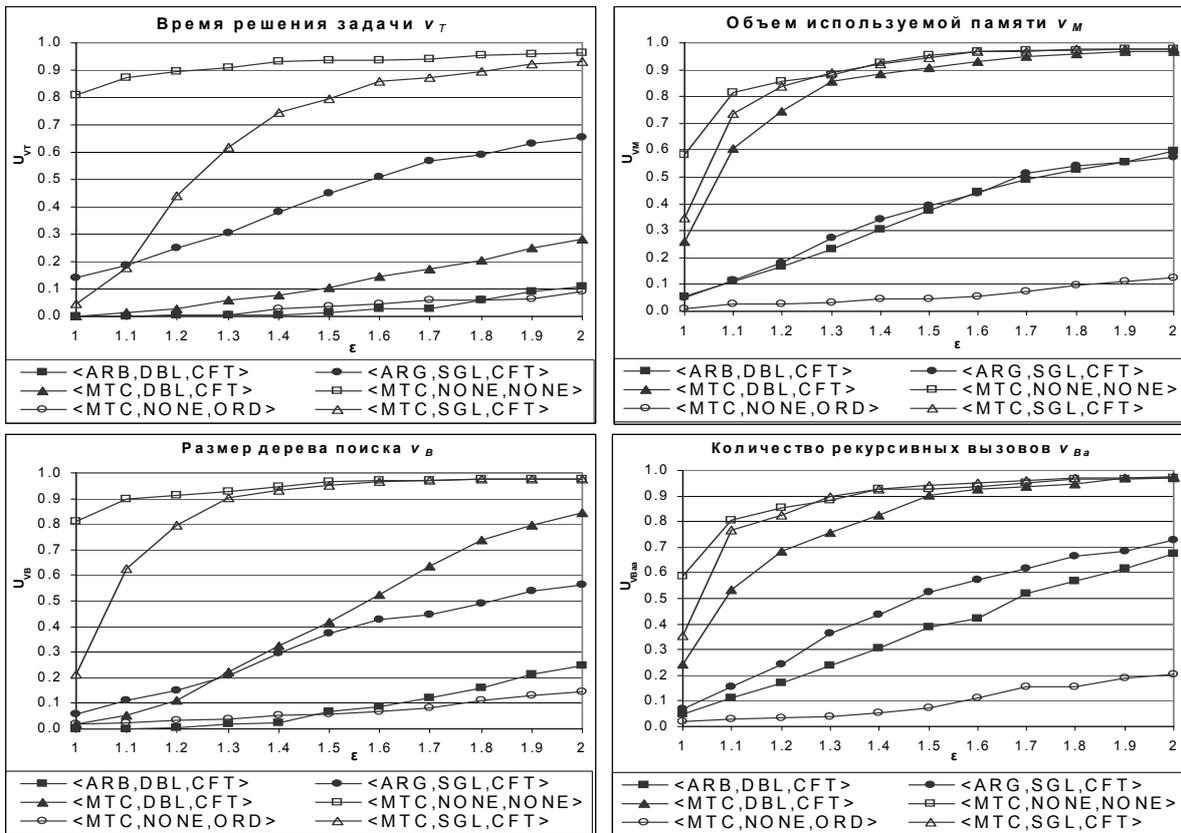


Рисунок. Результаты экспериментального исследования алгоритмов нелинейного планирования

В предлагаемой методике предусматриваются вариации в базисе алгоритмов планирования, базисе показателей их качества, приоритетности одного из рассматриваемых свойств алгоритмов и приоритетности выделяемого показателя качества планирования.

Благодаря введению сервиса планирования, реализующего выбираемый нелинейный алгоритм планирования, обеспечивается исключение субъективных аспектов конфигурирования сервис-ориентированной системы и достигается наилучшее качество в контексте прикладной области с учётом характерных особенностей информационной инфраструктуры.

#### Список используемых источников

1. Птицына Л. К., Кондратьев Д. А., Эльсабаяр-Шевченко Н. Н. Интеллектуальные профили сервис-ориентированных архитектур // 70-я региональная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых учёных «Студенческая весна – 2016» : сб. науч. ст. / под ред. К. В. Дукельского. СПб. : СПбГУТ, 2016. С. 340–344.

2. Птицына Л. К., Добрецов С. В. Интеллектуальные технологии и представление знаний. Планирование действий интеллектуальных агентов в информационных сетях: учеб. пособие. СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2005. 155 с. ISBN 5-7422-1101-5.

УДК 004.85

## ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В ИНТЕРНЕТ-МАРКЕТИНГЕ

**М. И. Короткова, В. Л. Литвинов**

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*В статье рассмотрены задачи интеллектуального Интернет-маркетинга, в которых возможно применение алгоритмов машинного обучения. Рассмотрено понятие маркетинга, сформулированы его основные задачи. Описаны основные положения интеллектуальной маркетинговой политики. Определено понятие Интернет-маркетинга, его сходства и различия с традиционным маркетингом. Рассмотрены основные инструменты и стратегии Интернет-маркетинга. Выделена область применения описанных алгоритмов. Рассмотрены основные направления развития машинного обучения в задачах Интернет-маркетинга. Приведены два типа обучения: обучение по прецедентам и дедуктивное обучение.*

*машинное обучение, алгоритмы машинного обучения, обучение по прецедентам, дедуктивное обучение, интеллектуальная маркетинговая политика, Интернет-маркетинг, инструменты Интернет-маркетинга, стратегии Интернет-маркетинга.*

Машинное обучение (МО) – обширный подраздел искусственного интеллекта, изучающий методы построения алгоритмов, способных обучаться [1].

Различают два типа обучения: обучение по прецедентам и дедуктивное обучение.

Обучение по прецедентам, или индуктивное обучение, основано на выявлении закономерностей в эмпирических данных. При этом имеется конечное множество прецедентов (объектов, ситуаций), по каждому из которых собраны (измерены) некоторые данные, также называемые его описанием. По этим частным данным можно выявить общие зависимости, закономерности, взаимосвязи, присущие не только этой конкретной выборке, но вообще всем прецедентам, в том числе тем, которые ещё не наблюдались.

Дедуктивное обучение предполагает формализацию знаний экспертов и их перенос в компьютер в виде базы знаний. Дедуктивное обучение принято относить к области экспертных систем, поэтому термины машинное обучение и обучение по прецедентам можно считать синонимами.

Машинное обучение находится на стыке математической статистики, методов оптимизации и дискретной математики, но имеет также и собственную специфику, связанную с проблемами вычислительной эффективности и переобучения [2].

По существу, МО призвано решать центральную задачу интеллектуальной системы, предваряющую оценку текущего объекта (ситуации).

Главная задача, решаемая алгоритмами машинного обучения, заключается в отнесении наблюдаемого объекта к тому или другому классу для принятия последующего решения автоматически или человеком.

Машинное обучение может выполнять анализ действия пользователя при получении услуг в системах электронной коммерции, который позволяет проводить как оптимизацию интерфейса, так и планировать действия системы. В целом, это анализ данных в различных информационных системах, позволяющий выполнять предсказания состояний или классификацию объектов.

Возможности МО обеспечивают алгоритмы, которые делятся на две большие группы:

- обучение без учителя (*unsupervised learning*) (UL);
- обучение с учителем (*supervised learning*) (SL).

Обучение без учителя изучает широкий класс задач обработки данных, в которых известны только описания множества объектов и требуется обнаружить внутренние взаимосвязи, зависимости, закономерности, существующие между объектами. Выделяют несколько типов входных данных: признаковое описание объектов и матрица расстояний. При признаковом описании объекта каждый объект описывается набором своих характеристик,

называемых признаками. При матрице расстояний каждый объект описывается расстоянием до всех остальных объектов обучающей выборки.

При обучении с учителем для каждого обучающего объекта задаётся «правильный ответ», и требуется найти зависимость между объектами и ответами. Пары «объект, ответ» называются «обучающей выборкой». На основе этих данных требуется восстановить зависимость, то есть построить алгоритм, способный для любого объекта выдать достаточно точный ответ. Под учителем понимается либо сама обучающая выборка, либо тот, кто указал на заданных объектах правильные ответы.

К типам входных данных, при обучении с учителем, добавляются временной ряд или сигнал, изображение или видеоряд, а также более сложные случаи, когда входные данные представляются в виде графов, текстов, результатов запросов к БД. Но в этом случае, как правило, данные приводятся к признаковому описанию и матрице расстояний путем предварительной обработки данных и извлечения признаков.

Маркетинговая деятельность включает в себя планирование ассортимента продукции, ценообразование, транспортировку, хранение и складирование продукции, оптовую торговлю, розничную торговлю, обслуживание потенциальных покупателей в торговом зале, кредитование, рекламу, маркетинговые исследования. Каждый из этих видов деятельности нередко смешивают с маркетингом в целом. Однако маркетинг, включая в себя все эти виды, шире любого из них в отдельности. Соответственно, интеграция всех этих действий в единый процесс называется маркетинговой программой.

Продавцы товаров и услуг объединяют свои операции в «маркетинговый набор» – уникальную комбинацию различных действий, совершаемых фирмой в отношении потребителей.

Задача маркетинговых исследований заключается в том, чтобы определить состояние рынка и понять действующие на нем тенденции.

Современный подход к маркетингу, диктуемый складывающейся экономической конъюнктурой, можно выразить понятием RPB (*Research Planning Branding*), которое включает в себя три основных составляющих: поиск, планирование и брендинг.

Практически все современные коммерческие компании имеют присутствие в Интернете в виде полноценного ресурса, блога, страницы. Однако, просто создав сетевой ресурс и даже заполнив его информационным контентом, невозможно обеспечить автоматическое увеличение продаж и рост популярности компании. Необходима более целенаправленная работа с сайтом специалистов по Интернет-маркетингу.

Интернет-маркетинг (*internet marketing*) – это совокупность приемов в Интернете, направленных на привлечение внимания к товару или услуге, популяризацию этого товара (сайта) в сети и его эффективное продвижение с целью продажи [3].

Эффективный маркетинг в Интернете (*e-marketing*) состоит из следующих компонентов: продукт, цена, продвижение, точка продаж, целевая аудитория, контент, вовлеченность посетителей в маркетинговые процессы.

Можно выделить три основных преимущества современного Интернет-маркетинга: информативность, высокая результативность в сравнении с традиционной рекламой, а также большой охват целевой аудитории, так как в Интернете количество потенциальных покупателей ничем не ограничено.

Выделяют следующие инструменты Интернет-маркетинга: контекстная реклама, баннерная или медийная реклама, E-mail рассылка, SEO-оптимизация, социальные сети, видеоролики, арбитраж трафика.

Существует несколько стратегий Интернет-маркетинга. К ним относят комплексный Интернет-маркетинг, Интернет-PR, вирусный или партизанский маркетинг.

Результативность комплексного подхода выше, чем отдача от отдельно взятого инструмента. Это называется синергетическим эффектом, когда отдельные компоненты усиливают взаимное действие.

Сетевой Public Relation (PR) выполняет те же задачи, что и традиционный «пиар» – работает на повышение узнаваемости бренда и обеспечивает «эффект присутствия» компании в информационном пространстве.

Несмотря на настораживающее название, вирусный или партизанский маркетинг не подразумевает ничего противоправного. Такой способ «раскрутки» предполагает создание медиавируса и его распространение в сети. Это может быть интересный видеоролик, Flash-приложение или другой оригинальный контент.

Процесс построения алгоритма сильно варьируется в зависимости от области его применения, но в целом он сводится к нескольким шагам: измерение переменных, использование различных статистических методов для выбора наиболее подходящего варианта, тестирование и, далее, распределение по всему каталогу продукции. Переменные, которые учитывают в алгоритме ценообразования – это сезонность продукта, эластичность спроса по цене и желаемый доход. С помощью этих факторов строится «движок» оценки спроса. Он применяется для прогнозирования последствий изменения цен. Затем необходимо проверить гипотезу на выборке ассортиментных позиций (SKU – *Stock Keeping Unit*) и оценить результаты.

Таким образом, алгоритмы МО дают возможность подойти более экономно к улучшению конкурентоспособности и получению прибыли, а также устанавливать цены в соответствии с уровнем спроса.

Использование машинного обучения приводит к снижению затрат на ведение бизнеса путем внедрения алгоритмов, оптимизирующих онлайн-ресурс и уровень товарных запасов.

**Список используемых источников**

1. Литвинов В. Л., Румянцева В. О. Интеллектуальный профиль среды машинного обучения AzureMachineLearning // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. V международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. в 2-х т. Т. 2. СПб. : СПбГУТ, 2016. С. 133–136.

2. Флах П. Машинное обучение. Наука и искусство построения алгоритмов, которые извлекают знания из данных. М.: ДМК Пресс, 2015. 400 с.

3. Вольфсон М. Б., Соловьева Ю. И. Прогнозирование и оценка эффективности рекламной кампании фирмы в сети Интернет // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. IV международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. в 2-х т. Т. 1. СПб. : СПбГУТ, 2015. С. 730–735.

УДК 004.75

**ПОДХОД К СОЗДАНИЮ ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ  
РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ  
БОЛЬШИХ МАССИВОВ ДАННЫХ  
О СОБЫТИЯХ БЕЗОПАСНОСТИ  
В КОМПЬЮТЕРНОЙ СЕТИ****И. В. Котенко<sup>1</sup>, А. Г. Кушнеревич<sup>1</sup>, И. Б. Саенко<sup>1</sup>, А. А. Чечулин<sup>1,2</sup>**<sup>1</sup>Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации Российской академии наук<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*Рассматривается подход к построению программной системы распределенной параллельной обработки больших массивов данных о событиях безопасности в компьютерной сети, основанный на использовании программно-инструментальной платформы Hadoop и функционирующей на ее основе системы Spark. Создание такой системы позволит реализовать потоковую обработку собираемых данных для мониторинга безопасности компьютерной сети на основе технологии Complex Event Processing.*

*информационная безопасность, параллельные вычисления, Большие Данные, мониторинг безопасности.*

Рассматриваемый подход направлен на преодоление ограничений в обработке Больших Данных в предметной области мониторинга и управления безопасностью компьютерных сетей [1, 2]. Постановка задача заключается в развертывании на узлах сети платформы Hadoop с системой Spark

и настройки их на режим обработки потоков данных о событиях безопасности. Целью настоящей работы является рассмотрение основных вопросов реализации данной системы.

Система построена на основе программной платформы для распределенной обработки данных Hadoop. Это позволяет реализовать в системе возможности потоковой обработки собираемых данных на основе Complex Event Processing [3].

В состав разрабатываемой системы вошли следующие компоненты:

- компонент сбора данных, занимающийся получением с устройств в сети данных о событиях безопасности для последующего анализ;
- компонент нормализации и анализа данных, позволяющий переводить полученные гетерогенные данные в единый формат для удобства последующего анализа, а также осуществляющий корреляцию событий для выявления в данных событий безопасности;
- компонент визуализации данных, занимающийся отображением результатов работы компонента анализа в виде, удобном для восприятия человеком (оператором безопасности), с помощью разработанных моделей визуализации;
- компонент хранилища данных, обеспечивающий надежное сохранение поступивших данных в распределенной файловой системе.

Функциональные компоненты организуются в систему мониторинга сетевой безопасности, представленную на рис. 1. Стрелками на рисунке указаны направления потоков данных.

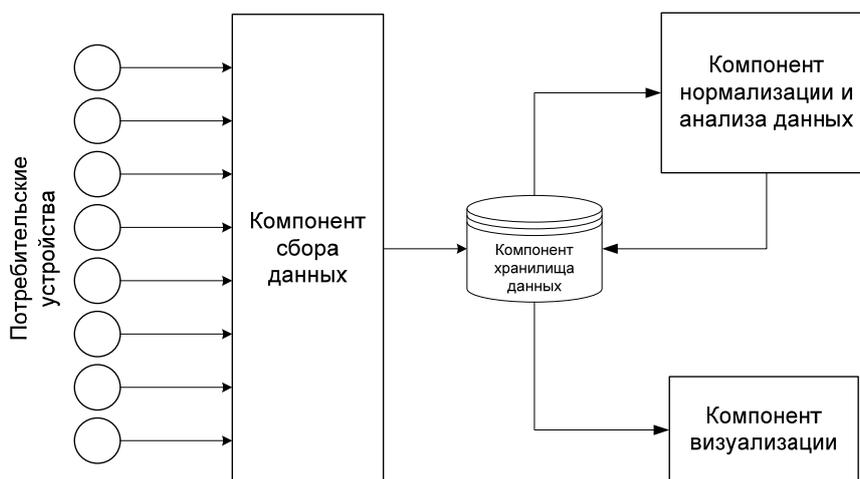


Рис. 1. Архитектура системы мониторинга безопасности

Компонент сбора данных предназначен для сбора трафика с машин контролируемой сети и его отправки в компонент хранилища данных. Машины, участвующие в работе компонента сбора, по своему функциональному предназначению разделяются на следующие типы:

- передающие, предназначенные для сбора и передачи данных;
- координирующие, предназначенные для управления сбором данных и распределении нагрузки;
- принимающие, предназначенные для приема и хранения собираемых данных.

Взаимосвязь между этими типами машин показана на рис. 2.

Как правило, в системе работает одна координирующая машина. Она занимается балансировкой потоков, идущих с собирающих машин на принимающие машины. Это осуществляется за счет мониторинга загрузки принимающих машин и перераспределения потоков данных.

На собирающие машины контролируемой сети устанавливаются приложения-агенты, имеющие следующие функции: подключение к координирующей машине; получения адреса принимающей машины для отправки логов трафика; получение списка принимающих машин для включения их во множество машин, не образующих трафик, который регистрируется при сборе; запуск сбора трафика; отправка логов трафика на принимающую машину.

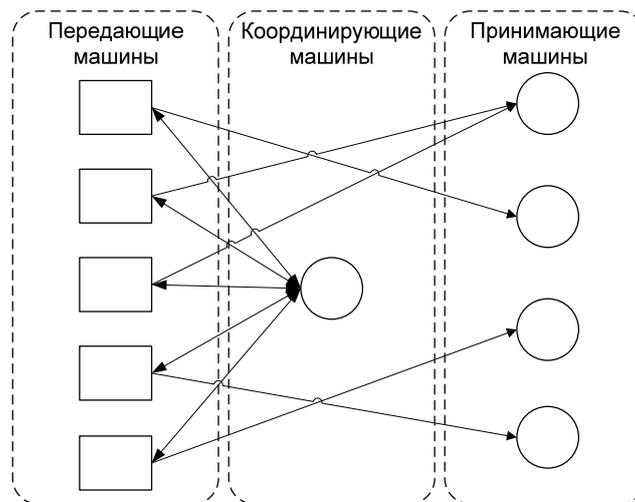


Рис. 2. Взаимосвязь между машинами в компоненте сбора данных

Принимающие машины получают лог-данные от собирающих машин и переправляют их в компонент хранилища данных.

Компонент хранилища данных основывается на распределенном хранилище данных, которое представлено Hadoop Distributed File System (HDFS) [4]. HDFS разбивает большие файлы на блоки размером 64 МБ и сохраняет их на узлах, называемых DataNodes. Метаинформация о файлах показывающая, каким образом входные данные распределены по DataNodes, хранятся в узле, называемом NameNode. NameNode администрирует метаинформацию HDFS, контролирует входящие/ исходящие потоки данных между пользователем и узлами DataNode.

DataNode-процессы запущены на каждой принимающей машине. NameNode-процесс запущен на координирующей машине. Все логи входных данных загружаются в HDFS и становятся доступны для дальнейшей обработки компонентом нормализации и анализа.

Данные, сохраненные компонентом сбора, становятся доступными из HDFS для компонента нормализации и анализа.

Нормализация данных заключается в приведении всех входных данных к единому внутреннему формату CSV (*Comma-Separated Values*). Программа, реализующая нормализацию данных, просматривает содержимое входного файла. Для каждой встретившейся в нем записи она формирует отдельную строку в выходном файле с заданным набором атрибутов, описывающих структуру записи. Кроме того, программа нормализации генерирует выходные CSV-файлы с заранее заданной пользователем частотой (ротацией). После этого начинается формирование очередных полей. Поля записываются в созданный файл.

Анализ данных заключается в выполнении их агрегации и корреляции [5]. Корреляция призвана выявлять во входном потоке трафике аномальные явления негативного характера, используя заданные правила. Результаты выполнения операций агрегации и корреляции данных представляются в формате CSV.

Компонент визуализации данных предназначен для представления оператору системы результирующих данных, полученных на этапе анализа, в виде, удобном для их визуального анализа. Компонент берет исходные данные из HDFS, где они были сохранены после обработки компонентом нормализации и анализа. Компонент визуализации использует различные стандартные и нестандартные модели визуализации.

К стандартным моделям визуализации относятся: 1) гистограммы; 2) круговые диаграммы; 3) линейные графики. К нестандартным специально реализованным моделям визуализации относятся: 1) карты деревьев; 2) графы, дополненные глифами; 3) матрицы.

На рис. 3 и 4 представлены примеры графического представления данных мониторинга безопасности с помощью разработанных нестандартных моделей визуализации.

Карта деревьев (рис. 3а) отображает элементы сети в виде прямоугольников. Индикаторами безопасности являются: цвет, яркость и размер фигуры. В графе с грифами (рис. 3б) узлы соответствуют элементам сети, а дуги – соединительным каналам связи. Уровень защищенности элемента характеризуется цветом и размером глифов. Под глифом понимается сектор на круге, закрывающий узел графа. Матрица (рис. 4) также является нестандартной моделью визуализации, отображающей уровень безопасности коммуникационных каналов, соединяющих элементы сети. Столбцы и строки

матрицы соответствуют узлам, а ячейки соответствуют линиям связи, соединяющим эти узлы. Цвет и яркость ячейки позволяет кодировать любые две характеристики, например, «важность» и «степень опасности».

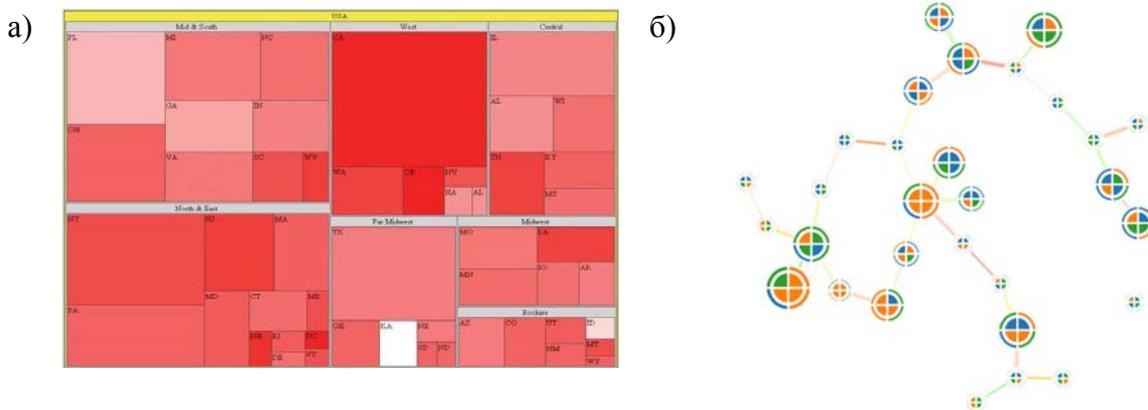


Рис. 3. Виды нестандартных моделей визуализации: а – карта деревьев, б – граф с глифами

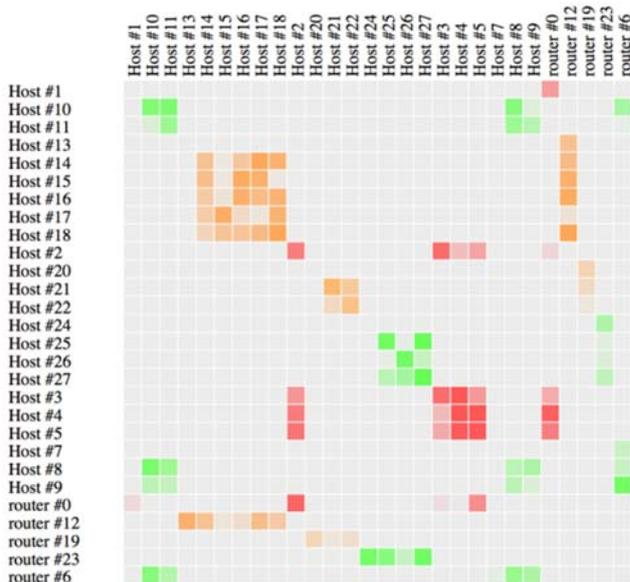


Рис. 4. Модель визуализации «Матрица»

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты 15-07-07451, 16-37-00338, 16-29-09482 офи\_м) и при частичной поддержке бюджетных тем № 0073-2015-0004 и 0073-2015-0007.

**Список используемых источников**

1. Котенко И. В., Саенко И. Б. Построение системы интеллектуальных сервисов для защиты информации в условиях кибернетического противоборства // Труды СПИ-ИРАН. Вып. 3 (22). СПб.: Наука, 2012. С. 84–100.

Экспериментальные исследования разработанной системы подтвердили предположение о ее высокой масштабируемости. Обработка массива гетерогенных данных объемом в 3 Гбайта на 7 узлах была завершена всего за 4 минуты. Это позволяет говорить о возможности эффективного применения разработанной системы в сетях с большим неоднородным трафиком, например, в сетях Интернета вещей и в кибер-физических системах.

2. Котенко И. В., Саенко И. Б. SIEM-системы для управления информацией и событиями безопасности. Защита информации. Инсайд. 2012. № 5 (47). С. 54–56.
3. Saenko I., Kotenko I., Kushnerevich A. Parallel Processing of Big Heterogeneous Data for Security Monitoring of IoT Networks // Proceedings of the 25th Euromicro International Conference on Parallel, Distributed and Network-Based Processing (PDP-2017). 2017. pp. 329–336.
4. Dwivedi K., Dubey S.K. Analytical Review on Hadoop Distributed File System // Proceedings of the 5th International Conference on Confluence the Next Generation Information Technology Summit (confluence). 2014. PP. 174–181.
5. Кушнеревич А. Г. Агрегация больших массивов данных для выявления событий безопасности на основе распределенной обработки потоков // Материалы 9-й конференции «Информационные технологии в управлении» (ИТУ-2016). СПб. : АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», 2016. С. 729–734.

УДК 004.82

## ФОРМИРОВАНИЕ МОДЕЛИ ОРГАНИЗАЦИИ УЧЁТА МУЗЕЙНЫХ ПРЕДМЕТОВ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ НА ОСНОВЕ ОНТОЛОГИЧЕСКОГО ПОДХОДА

**М. В. Котлова, Л. К. Птицына**

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича

*Рассмотрены основные подходы к разработке онтологий. Определены перспективные направления применения онтологического подхода к созданию информационных систем для музеев. Предложены принципы разработки модели организации учета музейных предметов и коллекций на основе онтологического подхода. Описаны процессы организации процедур принятия предметов в музей. Выделены приёмы совершенствования данных процессов с целью повышения их эффективности. Разработана онтология по учету экземпляров, составляющих музейное пространство. Рассмотрены преимущества полипарадигмальности при формировании онтологических моделей организации учёта музейных предметов.*

*представление знаний, модель, онтология, информационная система, учёт, музейные предметы.*

Представление знаний и разработка систем, основанных на знаниях, являются неотъемлемыми составляющими жизненного цикла искусственного интеллекта. Они связаны с разработкой моделей представления знаний и созданием баз знаний, образующих ядро интеллектуальных информационных

систем. В зависимости от характера образующих компонентов и отношений между моделями представления знаний различаются:

- реляционные модели представления знаний;
- объектные модели представления знаний;
- ассоциативные модели представления знаний.

Онтологии относятся к таким представлениям, которые концентрируются на общих понятиях таких как: действия, время, физические объекты, убеждения. В инженерии знаний различаются онтологии категорий, ситуационного исчисления, а также мыслительных событий и мыслительных объектов.

Одна из обширных областей внедрения информационных инфраструктур ориентируется на музейную деятельность, обеспечивающую Музейный фонд, который представляет огромное множество музейных предметов и музейных коллекций, расположенных на территории Российской Федерации. Учет культурного наследия осуществляется их собственниками или музеями и иными организациями, в оперативном управлении или пользовании которых находятся предметы. Учёт сопровождается формированием и ведением специальной документации, обеспечивающей возможность полной идентификации предметов и коллекций и содержащей сведения об их местонахождении, сохранности, форме использования и разнообразных описаниях [1]. Несмотря на автоматизацию этого сложного процесса и интеграцию ряда информационных музейных систем, остаются открытыми проблемные ситуации, связанные с выбором архитектур информационных структур. Среди основных проблемных ситуаций выделяются:

- бессистемность модулей учета;
- пересечение функций различных модулей систем и сложность их поиска;
- отсутствие структурированного описания массивов данных;
- отсутствие формализованного набора атрибутов в соответствии с типом предмета;
- хаотичность построения маршрутов движения информации;
- отсутствие формализованных процедур и средств формирования и использования знаний о предметах.

Выделенные проблемные ситуации становятся стимулом для ускорения развития современных музейных систем и технологий, при которых главным и решающим фактором организации учета, а, следовательно, и формирования музейного комплекса является информационная система. В случае преувеличения роли таких систем и её противопоставления человеку в решении ключевых задач, связанных с формированием и движением

Музейного фонда, рождается технократическое управление. При интеллектуализации систем удаётся избежать проявления отмеченного негативного фактора.

Согласно правоустанавливающим документам, регламентирующим методику формирования статистической отчетности, все музейное собрание подразделяется на 15 коллекционных серий. Несмотря на такое разделение, музеями в каждой серии выделяется ряд уточняющих коллекций, которые требуют индивидуального подхода к атрибуции и формированию знаний о новых предметах, включаемых в состав Музейного фонда [2].

На рис. 1 представляется фрагмент взаимосвязи между коллекционными сериями, которые выделяются на государственном уровне и группами, которые формируются экспертами соответствующего направления. Система приведённых 15 укрупненных категорий прослеживается и на портале Государственного каталога Музейного фонда Российской Федерации, который с января 2017 г. приобрел официальный статус заключительного этапа постановки предметов на учет. Данный ресурс ориентируется на хранение огромного массива уникальной информации, недоступной для исследователей, профессионалов музейного дела, а также широкого круга пользователей сети Интернет, интересующихся культурным достоянием.

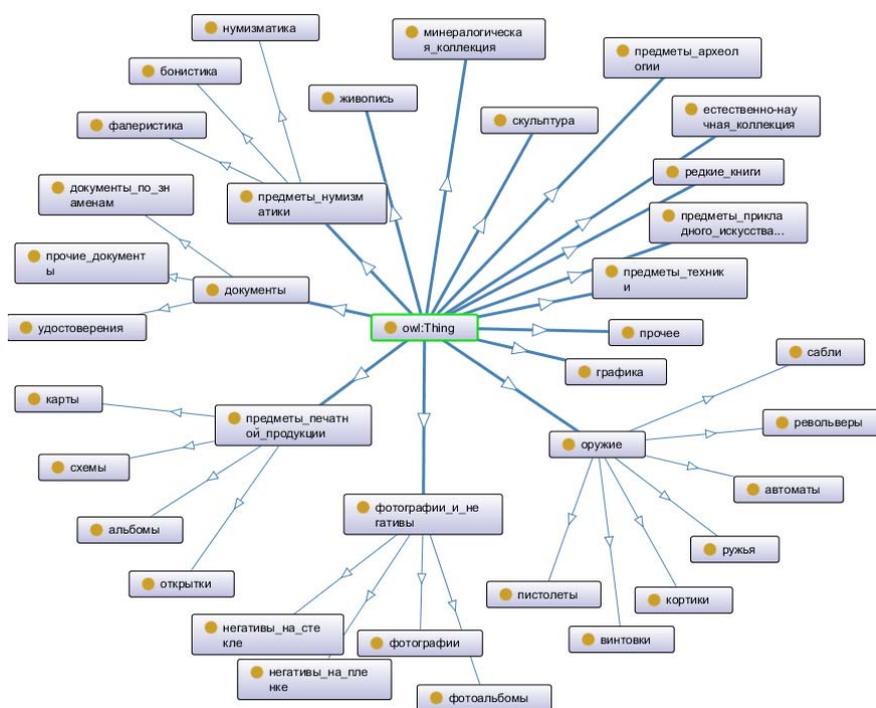


Рис. 1. Соответствие типов музейных предметов

При подходе, реализованном в настоящее время, не поддерживается автоматическое преобразование уникальных сведений о предметах в знания,

а, следовательно, и формирование системы представления знаний для решения каждодневных задач музея.

Основным процессом инженерии знаний является формирование онтологий, проектирование которых предполагает совместную работу группы специалистов по выделению базовых концепций предметной области и постепенному наполнению онтологии понятиями. По мере роста объёма онтологии увеличивается и сложность задачи по объективному определению места нового понятия в общей системе и корректировке структуры онтологии, которая решается методом автоматизации данного процесса. Компоненты, из которых образуются онтологии, находятся в непосредственной зависимости от парадигмы представления модели.

В процессе формирования музейных коллекций и систем представления знаний выделяется довольно большой ряд моделей описания музейного собрания, входящий в понятие музейно-предметной парадигмы.

При использовании когнитивной парадигмы применяется принципиально новый подход к языку и процессу концептуализации действительности. Механизмы формирования концептуальной картины мира и отдельных концептов, а также их объективация в языке являются одной из основных областей исследования современной когнитивной парадигмы. В рамках когнитивной парадигмы особое внимание уделяется исследованию семантики, причем разрабатываются ее разновидности – концептуальная, прототипическая, фреймовая. Музейный предмет рассматривается как своеобразная «проекция» культуры, а информация о нем, как дидактически интерпретированное научное знание.

При личностно-ориентированной парадигме музейные предметы рассматриваются по принадлежностям к историческим личностям. При формировании онтологии осуществляется полное раскрытие компонентов в контексте взаимосвязи с персоной (разработчик, конструктор, автор, владелец и иные персонажи).

В направлении функционалистической парадигмы культура и ее явления редуцируются и объясняются на основе структурно-функциональных представлений, т.е. элементы онтологии рассматриваются в функциональном контексте. При этом концепт определяется и как единичная структура, и как компонент системы.

При культурологической парадигме, благодаря учёту вариативности теорий и концепций, синтезируются данные социальных и гуманитарных наук для построения эпистемологического базиса музейных предметов.

В случае онтологического подхода, предусматривающего последовательное включение в рассмотрение новых концептов музейного наследия, целесообразно ориентироваться на сопоставление новых представлений знаний с имеющимся накопленным информационным массивом, связанным

с многочисленными музейно-предметными или музейно-институциональными парадигмами, требующими коммуникационной интерпретации.

На основе использования полипарадигмальности расширяется методологическая канва для разработки инновационных подходов к комплексному теоретическому анализу музейного собрания и разносторонней музейной деятельности, способствующая ускоренному развитию систем представления и генерации знаний в будущем.

#### Список используемых источников

1. Птицына Л. К., Котлова М. В. Генерация онтологических моделей коллекций экспонатов // Информационные системы и технологии в моделировании и управлении : материалы всероссийской научно-практической конференции, Ялта, 23–24 мая 2016 г. Симферополь: Гуманитарно-педагогическая академия (филиал) ФГАОУ ВО «КФУ им. В. И. Вернадского», 2016. С. 63–68.

2. Казачкова В. С., Котлова М. В. Электронный каталог как единый информационный портал Музейного фонда Российской Федерации // 70-я региональная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Студенческая весна – 2016» : сб. науч. ст. СПб. : СПбГУТ, 2016. С. 331–336.

УДК 004.772

## ПРОБЛЕМА БЕЗОПАСНОСТИ ПЕРЕДАЧИ ГРУППОВЫХ РАССЫЛОК В IP-СЕТЯХ

**А. В. Красов, Е. П. Лосин, И. А. Ушаков**

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича

*В сетях передачи данных, в сетях подвижной связи все больше становятся популярны услуги и сервисы, предоставление потребителям которых организуется при помощи групповых (multicast) рассылок. Таким образом, операторам связи необходимо понимать, как применять существующие криптографические методы [1] к передаче подобного трафика.*

*Данная статья описывает основные технические моменты, связанные с безопасностью при передаче multicast трафика в сетях передачи данных. По результатам будет предложен сегмент локально вычислительной сети, демонстрирующий практическую реализацию предложенных решений.*

*безопасность, групповая рассылка, отказоустойчивость, multicast, GDOI, IPsec, GETVPN, Cooperative Key Server, COOP.*

В наши дни во многих корпорациях и отраслях промышленности возрастает потенциал мультимедийных приложений. Так по оценкам J'son & Partners Consulting, в 2012 г. рынок цифрового контента<sup>1</sup> в мире оценивался в 58 млрд долл., а к 2016 г. ожидается увеличение объемов этого рынка до 109 млрд долл. В России рынок цифрового контента к концу 2016 г. оценивается в объеме 2,5 млрд долл. [2].

Подобно необходимости защиты сервисов VoIP, наличие в сетях multicast трафика обуславливает необходимость активного контроля и обеспечения безопасности распространения таких рассылок.

Для обеспечения безопасности передачи multicast трафика необходимо применять технологии шифрования. Как следует из концепций Cisco IOS Secure Multicast [3] и Securing IP Multicast Services in Triple-Play and Mobile Networks [4] для решения проблемы шифрования, не проводящего к дополнительным репликациям, необходимо использовать технологии, обеспечивающие шифрование «исходных» (native) multicast рассылок.

Где под «native» multicast рассылками понимается следующий (оригинальный) формат IPv4 пакета (рис. 1) [5]:



Рис. 1. Формат IPv4 пакета

А под «non-native» (т. е. «туннелированный») понимается формат IPv4 пакета с дополнительными, внешними, новыми заголовками IP header (рис. 2).



Рис. 2. IPv4 пакет с заголовками ESP

Пример выше приведен при использовании IPsec Site-to-Site VPN с применением шифрования (заголовки –ESP) и режима «tunnel».

К решениям обеспечения безопасности передачи multicast трафика, не приводящим к дополнительным репликациям, относятся следующие технологии:

1. Group Domain of Interpretation (GDOI).
2. IP Security (IPsec).
3. Group Encrypted Transport VPN (GETVPN) (Решение CISCO).

<sup>1</sup> Цифровой контент – это множество информационно-развлекательных материалов, распространяемых в цифровом виде по каналам связи, предназначенных для использования на цифровых устройствах, таких как компьютер, мобильный терминал, специализированные устройства.

*Разработка сегмента сети*

Задачи моделирования:

1. Разработка модели сегмента ЛВС, способной передавать multicast трафик.

2. Обеспечение безопасности передачи multicast трафика посредством использования технологии GETVPN.

3. Организация отказоустойчивой топологии при использовании нескольких KS (режим Cooperative Key Server (COOP)).

Разработка сегмента ЛВС проводилось в симуляторе UNL. Модель топологии сети (рис. 3) отображает сеть поставщика услуг Интернет (ISP), и корпоративное оборудование, расположенное в головном и дочерних офисах компании (Офис-1, Офис-2), представленное в виде маршрутизаторов (табл. 1):

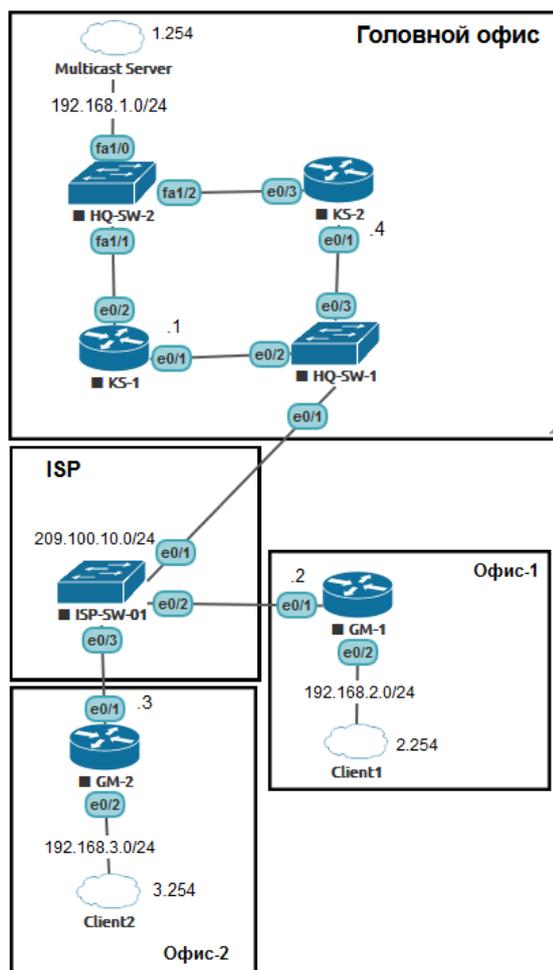


Рис. 3. Модель топологии ЛВС

ТАБЛИЦА 1. Описание узлов сегмента ЛВС

Имя узла	Роль	Примечание
KS-1	Серверы ключей и политик	
KS-2		
GM-1	Члены группы распространения	
GM-2		
Multicast Server	источник multicast трафика	VLC media player <sup>2</sup> , версия 2.2.4
Client1	Клиенты multicast трафика	
Client2		

<sup>2</sup> Для формирования групповой рассылки использовалась следующая команда: :sout=#transcode{vcodec=h264,vb=800,acodec=mpga,ab=128,channels=2,samplerate=44100}:rtp{dst=224.2.127.254,port=5004,mux=ts,ttl=10} :sout-keep

На схеме представлены клиенты (Client1, Client2), источник multicast трафика (Multicast Server) и основные IP-адреса, присвоенные соответствующим хостам и узлам сети.

Перечень используемых технологий представлен в таблице 2.

ТАБЛИЦА 2. Перечень используемых технологий

Технология	Настраиваемые маршрутизаторы	Описание
Hot Standby Router Protocol (HSRP)	KS-1, KS-2	Технология обеспечения отказоустойчивости шлюза по умолчанию. В данном случае, резервируется шлюз по умолчанию для источника multicast вещания.
Маршрутизация Multicast	KS-1, KS-2, GM-1, GM-2	Позволяет маршрутизаторам обрабатывать multicast трафик в соответствии с его адресацией.
IPsec		Технология, используемая для шифрования трафика, проходящего через интерфейсы маршрутизаторов.
Bootstrap		Технология обеспечения отказоустойчивости RP.
GDOI		Технология, используемая для назначения маршрутизаторов в единую группу безопасности и распространения политик безопасности.
OSPF		Протокол динамической маршрутизации. Используется для автоматизации обмена маршрутной информацией между участниками процесса OSPF.
PIM Sparse Mode		Протокол построения маршрутных таблиц для multicast трафика.

### Документирование конфигурации активного сетевого оборудования

В ходе выполнения моделирования, были сделаны изменения в конфигурациях маршрутизаторов. Далее приведены основные настройки для маршрутизатора KS-1 (KS-2 настраиваются аналогично).

#### Настройки, сделанные для маршрутизатора KS-1

**Включение функции маршрутизации multicast трафика**

```
ip multicast-routing
```

#### **Настройка политики isakmp (IPsec фаза 1)**

```
crypto isakmp policy 100
encr aes
authentication pre-share
group 5
crypto isakmp key cisco address 0.0.0.0
crypto isakmp keepalive 15 periodic
```

#### **Настройка режима COOP**

```
redundancy
local priority 250
peer address ipv4 209.100.10.4
crypto gdoi group GDOI_KS-to-GM
identity number 1234
server address ipv4 209.100.10.4
crypto map CRYPTO 10 gdoi
set group GDOI_KS-to-GM
interface Loopback0
ip address 1.1.1.1 255.255.255.255
```

**Настройка политики IPsec (IPsec фаза 2)**

```
crypto ipsec transform-set TRANS esp-aes esp-sha-hmac
mode tunnel
```

```
crypto ipsec profile IPSEC
set transform-set TRANS
```

**Настройка группы GDOI**

```
crypto gdoi group GDOI
identity number 1234
server local
rekey algorithm aes 256
rekey lifetime seconds 3600
rekey authentication mypubkey rsa VPNKEYS
rekey transport unicast
sa ipsec 10
profile IPSEC
```

**Настройка трафика, который будет зашифрован**

```
match address ipv4 GETVPN-ACL
replay counter window-size 64
no tag
address ipv4 209.100.10.1
```

```
ip pim sparse-mode
interface Ethernet0/1
ip address 209.100.10.1 255.255.255.0
ip pim sparse-mode
crypto map CRYPTO
interface Ethernet0/2
ip address 192.168.1.2 255.255.255.0
ip pim sparse-mode
standby version 2
standby 1 ip 192.168.1.1
standby 1 priority 150
standby 1 preempt
router ospf 1
router-id 255.255.255.255
redistribute connected subnets
passive-interface Ethernet0/2
network 209.100.10.0 0.0.0.255 area 0
ip pim rp-candidate Loopback0
ip access-list extended GETVPN-ACL
deny udp any eq 848 any eq 848
permit udp 192.168.1.0 0.0.0.255 224.2.0.0 0.0.255.255
permit icmp any any
permit ip 192.168.0.0 0.0.255.255 192.168.0.0
0.0.255.255
permit ip 209.100.10.0 0.0.0.255 209.100.10.0 0.0.0.255
permit ospf any any
```

*Проведение проверок. Выводы*

С целью исследования трафика, проходящего через активное сетевое оборудование будет использован анализатор трафика Wireshark (версия 1.12.5).

Исследование функции шифрования трафика.

Для исследования функции шифрования будет использован анализатор трафика Wireshark (версия 1.12.5) (рис. 4, 6).

На рис. 4 (см. ниже) изображен зашифрованный multicast поток от источника “Multicast server” (ip 192.168.1.254) к multicast группе – 224.2.127.254. Перехват трафика осуществлен на интерфейсе “e0/1” коммутатора “ISP-SW-01”.

Как видно из рис. 4, содержимое (*Payload*) IP пакетов зашифровано согласно использованию политики IPsec. Причем, источником трафика, в заголовке IPv4, является исходный адрес – 192.168.1.254. Таким образом, в результате работы протокола GETVPN, вновь создаваемые IP пакеты имеют следующие заголовки (рис. 5):



Рис. 4. Формируемый формат IPv4 пакета протокола GETVPN

Где: Original IP Header – исходный IP заголовок; ESP Header – инкапсуляция защищенных данных.

Capturing from Standard input [Wireshark 1.12.5 (v1.12.5-0-g5819e5b from master-1.12)]

File Edit View Go Capture Analyze Statistics Telephony Tools Internals Help

Filter: Expression... Clear Apply Save

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
248	5.373127000	192.168.1.254	224.2.127.254	ESP	1430	ESP (SPI=0xd447f95b)
249	5.373268000	192.168.1.254	224.2.127.254	ESP	1430	ESP (SPI=0xd447f95b)
250	5.373351000	192.168.1.254	224.2.127.254	ESP	1430	ESP (SPI=0xd447f95b)
251	5.375169000	192.168.1.254	224.2.127.254	ESP	1430	ESP (SPI=0xd447f95b)
252	5.375258000	192.168.1.254	224.2.127.254	ESP	1430	ESP (SPI=0xd447f95b)
253	5.680791000	192.168.1.254	224.2.127.254	ESP	1430	ESP (SPI=0xd447f95b)
254	5.680888000	192.168.1.254	224.2.127.254	ESP	1430	ESP (SPI=0xd447f95b)
255	5.680954000	192.168.1.254	224.2.127.254	ESP	1430	ESP (SPI=0xd447f95b)
256	5.682540000	192.168.1.254	224.2.127.254	ESP	1430	ESP (SPI=0xd447f95b)
257	5.682647000	192.168.1.254	224.2.127.254	ESP	1430	ESP (SPI=0xd447f95b)
258	5.689776000	192.168.1.254	224.2.127.254	ESP	1430	ESP (SPI=0xd447f95b)
259	5.689882000	192.168.1.254	224.2.127.254	ESP	1430	ESP (SPI=0xd447f95b)
260	5.691627000	192.168.1.254	224.2.127.254	ESP	1430	ESP (SPI=0xd447f95b)
261	5.691714000	192.168.1.254	224.2.127.254	ESP	1430	ESP (SPI=0xd447f95b)
262	5.691817000	192.168.1.254	224.2.127.254	ESP	1430	ESP (SPI=0xd447f95b)
263	5.692180000	192.168.1.254	224.2.127.254	ESP	1430	ESP (SPI=0xd447f95b)
264	5.692462000	192.168.1.254	224.2.127.254	ESP	1430	ESP (SPI=0xd447f95b)
265	5.692770000	192.168.1.254	224.2.127.254	ESP	1430	ESP (SPI=0xd447f95b)
266	5.694895000	192.168.1.254	224.2.127.254	ESP	1430	ESP (SPI=0xd447f95b)
267	5.695303000	192.168.1.254	224.2.127.254	ESP	1430	ESP (SPI=0xd447f95b)
268	5.695367000	192.168.1.254	224.2.127.254	ESP	1430	ESP (SPI=0xd447f95b)
269	5.695423000	192.168.1.254	224.2.127.254	ESP	1430	ESP (SPI=0xd447f95b)

Frame 259: 1430 bytes on wire (11440 bits), 1430 bytes captured (11440 bits) on interface 0  
 Ethernet II, Src: aa:bb:cc:00:09:10 (aa:bb:cc:00:09:10), Dst: IPv4mcast\_02:7f:fe (01:00:5e:02:7f:fe)  
 Destination: IPv4mcast\_02:7f:fe (01:00:5e:02:7f:fe)  
 Source: aa:bb:cc:00:09:10 (aa:bb:cc:00:09:10)  
 Type: IP (0x0800)  
 Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.1.254 (192.168.1.254), Dst: 224.2.127.254 (224.2.127.254)  
 Version: 4  
 Header Length: 20 bytes  
 Differentiated Services Field: 0x00 (DSCP 0x00: Default; ECN: 0x00: Not-ECT (Not ECN-Capable Transport))  
 Total Length: 1416  
 Identification: 0x8b51 (35665)  
 Flags: 0x00  
 Fragment offset: 0  
 Time to live: 255  
 Protocol: Encap Security Payload (50)  
 Header checksum: 0x084b [validation disabled]  
 Source: 192.168.1.254 (192.168.1.254)  
 Destination: 224.2.127.254 (224.2.127.254)  
 [Source GeoIP: Unknown]  
 [Destination GeoIP: Unknown]  
 Encapsulating Security Payload  
 ESP SPI: 0xd447f95b (3561486683)  
 ESP Sequence: 33679

Рис. 5. Многоадресная рассылка от “Multicast server” к multicast группе – 224.2.127.254

На рис. 6 изображен формат расшифрованного multicast пакета от источника “Multicast server” (ip 192.168.1.254) к multicast группе – 224.2.127.254. Перехват трафика осуществлен на интерфейсе “e0/2” маршрутизатора “GM-1”.



Рис. 6. Исходный формат IPv4 пакета

Формат представленного на рис. 6 IP пакета, полностью соответствует исходному, те являются оригинальными.

**Вывод**

Исходя из результатов, представленных на рис. 4–6, можно сделать вывод, что разработанная топология сегмента компьютерной сети может быть

использована на практике для получения схемы работы «ключевых» серверов и шифровании многоадресных рассылок, не приводящих к дополнительным репликациям подобного трафика при передаче через ядро сети провайдера услуг Internet. Таким образом, задачи моделирования выполнены.

#### Список используемых источников

1. Коржик В. И., Яковлев В. А. Основы криптографии: учебное пособие. 1-е изд. СПб. : ИЦ Интермедия, 2016. 296 с.
2. Рынок цифрового контента в России и мире, 2010–2016 [Электронный ресурс] // J'son & Partners Consulting: [сайт]. [2013]. URL: [http://www.json.ru/poleznye\\_materialy/free\\_market\\_watches/analytics/2013\\_digital\\_content\\_2010-2016/](http://www.json.ru/poleznye_materialy/free_market_watches/analytics/2013_digital_content_2010-2016/) (дата обращения 12.10.2016).
3. Cisco IOS Secure Multicast [Электронный ресурс] // cisco.com: [сайт]. [2006]. URL: [http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/ios-nx-os-software/ip-multicast/prod\\_white\\_paper0900aecd8047191e.html](http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/ios-nx-os-software/ip-multicast/prod_white_paper0900aecd8047191e.html) (дата обращения 12.10.2016).
4. Securing IP Multicast Services in Triple-Play and Mobile Networks [Электронный ресурс] // Cisco.com: [сайт]. [2008]. URL: [http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/ios-nx-os-software/ip-multicast/prod\\_white\\_paper0900aecd80557fd4.html](http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/ios-nx-os-software/ip-multicast/prod_white_paper0900aecd80557fd4.html) (дата обращения 14.10.2016).
5. RFC: 791. Internet protocol [Электронный ресурс] // tools.ietf.org: [сайт]. [1981]. URL: <https://tools.ietf.org/html/rfc791#section-3.1> (дата обращения 12.10.2016).

УДК 004.738.52

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТРУКТУРЫ ИНТЕРНЕТ-ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВА ИННОВАЦИОННОЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ КОМПАНИИ

**А. Н. Кривцов<sup>1</sup>, В. Д. Москалева<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный университет

*В статье рассмотрены возможные структуры сайтов, достоинства и недостатки при их применении, выявлены критерии и определена структура, наиболее подходящая для решения задач инновационной научно-исследовательской компании.*

*интернет-представительство, инновационная научно-исследовательская компания, задачи веб-ресурса, критерии оптимальности сайта.*

На сегодняшний день веб-сайты являются не только площадками для размещения материалов по популяризации своих научных достижений

и привлечения кадров в сети Интернет, но и участвуют в формировании единого информационного пространства, которое объединяет ученых с разных уголков мира и активно способствует распространению и развитию научных знаний [1]. В связи с этим повышение качества веб-ресурсов, зависящее, в том числе, и от выбора правильной структуры, является актуальной задачей [2].

Основными, наиболее распространёнными моделями сайтов, каждая из которых имеет свою структуру, являются: интернет-представительство, интернет-портал, каталог продукции, интернет-магазин, промо-сайт, корпоративный сайт [3].

Основной задачей веб-ресурса научно-исследовательской компании, как правило, является обеспечение доступа к следующей информации о:

- деятельности компании и предоставляемых услугах;
- руководстве компании;
- конференциях и семинарах, которые компания организует или в которых компания принимала участие;
- актуальных новостях;
- проектах, реализуемых компанией и возможности сотрудничества;
- имеющихся патентах;
- контактах (телефон, почта, адрес, расположение на карте).

В целом, это задачи интернет-представительства. Анализ целей и задач профессиональной деятельности научно-исследовательской инновационной компании позволяет определить основные разделы для ее сайта. К ним могут относиться такие разделы, как: «Главная», «О компании», «Новости», «Напишите нам», «Контакты», «Проекты и исследования», «Патенты». При этом определено, что на всех страницах сайта целесообразно разместить базовые элементы, например: название и логотип компании (по клику на логотип должен осуществляться переход на главную страницу сайта); главное и боковое меню; кнопка переключения языка; информативное слайд-шоу; поиск по сайту; подвал сайта.

Детальная проработка содержания каждой из страниц сайта, соответствующих разделам, позволяет сделать вывод о том, что в качестве критериев оптимальности структуры сайта типа интернет-представительство, необходимо рассмотреть следующие возможности реализации:

- логичное и удобное расположение разделов,
- интуитивно понятная навигация,
- возможность просматривать страницы сайта в любой последовательности,
- ограничения по ссылкам на другие страницы,
- осуществление обратной связи через специальную форму.

Определим, какая из структур сайтов в наибольшей степени подходит для реализации вышеперечисленных задач сайта типа интернет-представительства, разрабатываемого для инновационной исследовательской компании.

### *Линейная структура*

Данная структура представляет собой последовательность html-страниц (рис. 1). На каждой из них содержатся ссылки на предыдущую и следующую страницы [4].

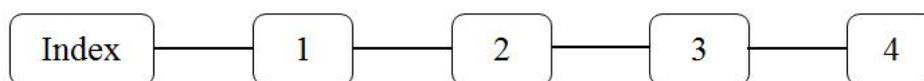


Рис. 7. Линейная структура

Основным недостатком структуры является специфичная навигация: невозможность просматривать страницы сайта в любой удобной последовательности. Представление в виде последовательности позволяет акцентировать внимание на конкретном продукте или услуге, но ограничивает свободу посетителя в произвольном выборе просмотра различных разделов сайта. Достоинство – простота реализации подобной структуры для компаний, желающих сэкономить на профессионализме веб-разработчика.

### *Линейная структура с альтернативными вариантами*

Такая структура предоставляет пользователям возможность выбора из нескольких альтернатив (например, рис. 2). При этом, главный недостаток – ограниченность навигации для пользователей по сайту – так же, как и в линейной структуре, сохраняется. Поэтому и линейная структура с альтернативными вариантами не совсем подходит для реализации задач сайта типа интернет-представительство.

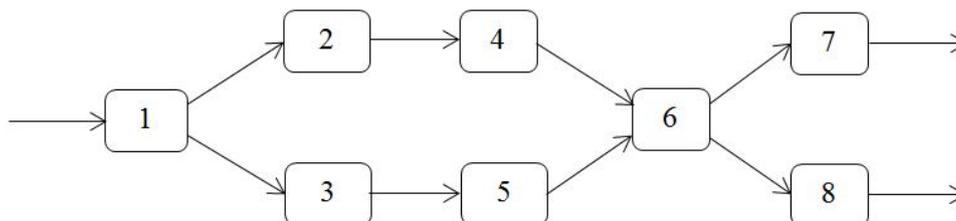


Рис. 2. Пример линейной структуры с альтернативными вариантами

### *Линейная структура с ответвлениями*

Также является модификацией линейной структуры (рис. 3) и отличается от нее тем, что предоставляет пользователю возможность перейти на другую ветвь структурного дерева, а потом вернуться назад [4].

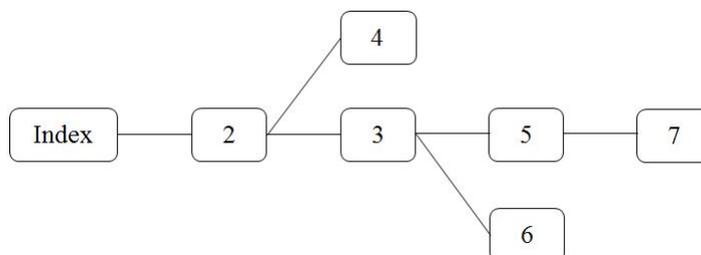


Рис. 3. Линейная структура с ответвлениями

Еще одна сложность в применении линейной структуры с ответвлениями, кроме линейности, заключается в создании интуитивно понятной и простой навигационной схемы. Необходимо тщательно продумать последовательность размещения разделов сайта таким образом, чтобы пользователь заинтересовался просмотром до конца, а не ушел почти сразу же.

### *Решётчатая структура*

Данная структура (рис. 4) предоставляет пользователям сайта возможность быстро перемещаться между ветвями структурного дерева и горизонтально, и вертикально [4].

Но, при этом, реализация решетчатой структуры требует компетентности веб-мастера в размещении большого количества гиперссылок и в аккуратном формировании контента.

Для интернет-представительства подобная структура не совсем подходит из-за того, что пользователь может запутаться в слишком громоздкой структуре, а также по причине невозможности соединения некоторых страниц сайта между собой.

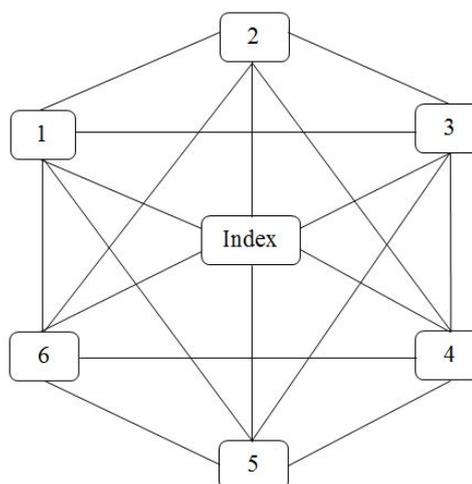


Рис. 4. Решетчатая структура

### *Древовидная структура*

Название данной структуры обусловлено тем, что она представляет собой многоуровневое дерево (рис. 5).

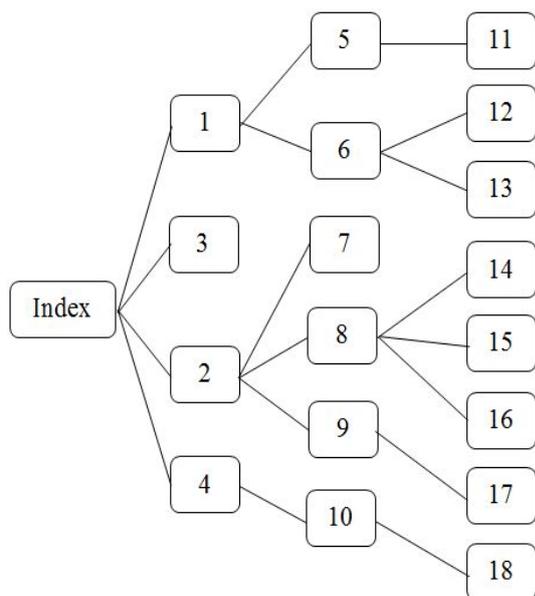


Рис. 5. Древоподобная структура дерева.

Таким образом, из сказанного можно сделать вывод о том, что ни одна из вышеописанных структур в полной мере не удовлетворяет сформулированным критериям оптимальности структуры для сайта типа интернет-представительство.

Наиболее подходящей для веб-сайта научно-исследовательской компании и более удобной для пользователей является полностью связанная структура (рис. 6), когда каждая основная страница, начиная с главной, имеет переходы на все остальные основные страницы. Основными будем называть страницы разделов. Страницы, содержащие конкретную статью или новость, не считаются основными. Переход к неосновным страницам осуществляется из страницы-раздела.

Данная структура не принадлежит ни к одному из вышеописанных типов структур сайтов, однако удовлетворяет всем заявленным критериям оптимальности структуры, присущей интернет-представительству инновационной исследовательской компании.

Еще одним значимым преимуществом является внутренняя оптимизация сайта: поисковые машины учтут перелинковку страниц и прибавят вес сайту, что приведёт к его успешному ранжированию;

Однако данная структура не лишена и недостатков: меню сайта может быть загромождено большим количеством ссылок, что может привести к ухудшению восприятия сайта пользователями и поисковыми системами. Также выделим сложность, которая может возникнуть при реализации вышеописанной структуры. Если количество основных разделов сайта будет увеличено, это приведёт не только к ухудшению юзабилити сайта,

Преимущество – структура удобна для посетителей сайта, так как предоставляет возможность путешествовать по структурному дереву: с главной страницы перейти на страницу любого уровня, оказаться в начале или конце какого-либо раздела, выбрать конкретный документ. Однако, если нарушить баланс между глубиной и шириной дерева, навигация станет запутанной, и пользователи будут вынуждены тратить много времени на поиск необходимой информации. Кроме того, у пользователей отсутствует возможность перемещения между различными ветвями

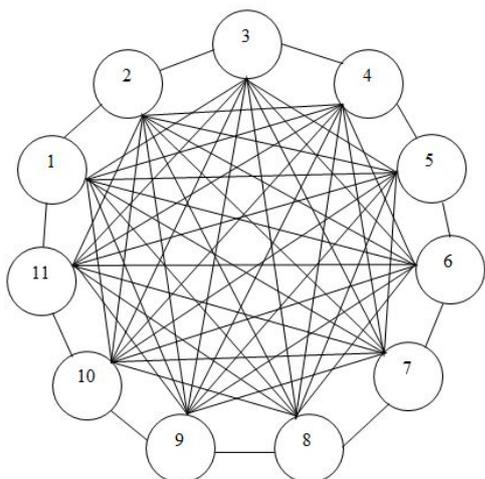


Рис. 6. Графическое изображение структуры сайта

но и к резкому увеличению трудозатрат веб-разработчика. Поэтому перспективу расширения сайта стоит рассматривать заранее.

#### Список используемых источников

1. Скородумов П. В., Холодев А. Ю. Анализ популярности веб-сайта научной организации с помощью различных систем сбора статистических данных [Электронный ресурс] // Вопросы территориального развития. 2016. № 1. URL: <http://vtr.vsc.ac.ru/article/1772> (дата обращения 27.03.2017)

2. Гулин К. А., Скородумов П. В. Интернет-портал как средство популяризации деятельности научной организации // Проблемы

развития территории. 2015. № 5. С. 52–65.

3. Кривцов А. Н., Москалева В. Д. Реинжиниринг сайтов: классификация, виды и основные этапы анализа // Развитие технических наук в современном мире. 2016. № 3. С. 115–119. URL: [http://elibrary.ru/download/elibrary\\_28426100\\_80706307.pdf](http://elibrary.ru/download/elibrary_28426100_80706307.pdf) (дата обращения 27.03.2017).

4. Gilbert WEBKONTOR. Анализ структуры сайта. [Электронный ресурс] URL: <http://www.web-patrol.net/audit-site-struktur.html> (дата обращения 27.03.2017).

УДК 004.94

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ СИСТЕМ НЕЛИНЕЙНЫХ УРАВНЕНИЙ

А. Д. Кружалин<sup>1</sup>, А. В. Трофимец<sup>2</sup>, Е. Н. Трофимец<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Военная академия связи им. Маршала Советского Союза С. М. Буденного

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

*Рассматриваются практические приложения математики систем нелинейных уравнений. Приведен пример решения по математической модели расчета о размерах подводной лодки «Наутилус» в компьютерной системе Mathcad.*

*математическая модель, компьютерная система Mathcad, системы нелинейных уравнений.*

В современном инженерном образовании при исследовании математических моделей сложных систем и процессов широко используются пакеты прикладных программ.

Использование пакетов компьютерной математики позволяет пользователю сосредоточить свое внимание не на алгоритмических особенностях того или иного метода, а на построении математической модели исследуемой системы и её последующем анализе [1, 2, 3, 4, 5, 6]. Данное обстоятельство является исключительно важным при решении практических задач. Фокус внимания сместим на решение систем нелинейных уравнений в Mathad.

Для решения систем нелинейных уравнений в Mathad реализованы различные инструменты и методы. Одним из наиболее популярных инструментов является вычислительный блок Given/Find (Дано/Найти).

Блок Given/Find состоит из трех частей, идущих последовательно друг за другом:

- Given – ключевое слово;
- система, записанная логическими операторами в виде равенств и, возможно, неравенств;
- Find( $x_1, \dots, x_n$ ) – встроенная функция для решения системы уравнений относительно переменных  $x_1, \dots, x_n$ .

В функции Find реализованы три метода численного решения систем нелинейных уравнений: метод Левенберга-Марквардта, метод сопряженных градиентов и квазиньютоновский метод. По умолчанию в функции Find установлена опция автоматического подбора метода. При необходимости пользователь может вручную выбрать требуемый метод.

Наряду с численным решением функция Find позволяет находить для определенных систем, если это возможно, аналитическое решение.

Рассмотрим решение задачи, предложенную В. Ф. Очковым, в работе [7]. В. Ф. Очков предлагает задачу о размерах подводной лодки «Наутилус», описанной в знаменитых романах Жюль Верна «Таинственный остров» и «Двадцать тысяч лье под водой». Вот что можно узнать из разговора капитана Немо с профессором Аронаксом о размерах лодки: «Вот, господин Аронакс, чертежи судна, на котором Вы находитесь. Судно представляет собой сильно удлиненный цилиндр с коническими концами. Площадь его равняется одной тысяче одиннадцати и сорока пяти сотым квадратных метров, объем равен одной тысяче пятистам и двум десятым кубических метров».

Найдите длину «Наутилуса» и длину его центрального отсека, если предположить, что лодка имела диаметр 8 м (рис. 1).

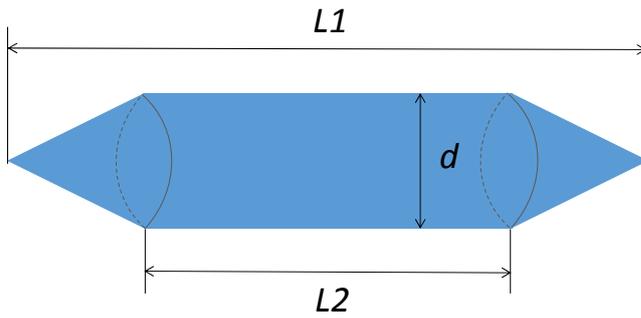


Рис. 1. Внешний вид «Наутилуса»:  $L1$  – длина «Наутилуса»;  $L2$  – длина основного отсека «Наутилуса»;  $d$  – диаметр «Наутилуса»

$d := 8$  диаметр лодки  
 $L1 := 100$  длина лодки  
 $L2 := 60$  длина центрального отсека лодки

Рис. 2. Начальные приближения

В качестве начальных приближений задаем значения, представленные на рис. 1.

*Замечания:*

- площадь боковой поверхности цилиндра:  $S_C = 2\pi R h$ ;
- объем цилиндра:  $V_C = \pi R^2 h$ ;
- площадь боковой поверхности конуса:  $S_K = \pi R \sqrt{R^2 + h^2}$ ;
- объем конуса:  $V_K = \frac{1}{3} \pi R^2 h$ .

Длина лодки  $L1 \approx 70,4$  м; длина центрального отсека  $L2 \approx 9,6$  м.

При решении задачи было высказано предположение, что лодка имеет диаметр 8 м. На самом деле диаметр лодки точно не известен, поэтому имеем систему двух нелинейных алгебраических уравнений с тремя неизвестными ( $L1$ ,  $L2$ ,  $d$ ). Если же число уравнений алгебраической системы меньше числа неизвестных, то такая система называется недоопределенной. Недоопределенные системы имеет бесконечное множество решений.

Полученное решение является частным случаем из множества решений при принятом нами допущении  $d = 8$ . Если, в качестве начального приближения ввести  $d = 6$ , то система становится неразрешимой (рис. 3).

**Find(L1, L2) = ■**

Рис. 3. Неразрешимость системы при  $d = 6$

**Find(L1, d) =  $\begin{pmatrix} 56.239 \\ 6.26 \end{pmatrix}$**

Рис. 4. Решение задачи при  $L2 = 45$

Обратим также внимание на то, что полученное решение не совсем соответствует описанию «Наутилуса» капитаном Немо. Капитан Немо указывает на то, что «судно представляет собой сильно удлиненный цилиндр с коническими концами...», а в полученном решении цилиндр (центральный отсек лодки) имеет длину всего 9,6 м при общей длине лодки в 70,4 м.

Подбираем более подходящее значение  $L2$ . Для этого решаем систему относительно  $L1$  и  $d$ . Решение системы при  $L2 = 45$  приведено на рис. 4.

Таким образом, решением рассмотренной системы будут не просто три числа ( $L1, L2, d$ ), а зависимость двух параметров лодки от третьего, например, длины всей лодки ( $L1$ ) и длины её центрального отсека ( $L2$ ) от диаметра ( $d$ ). Проведем исследование такой зависимости. Для этого устанавливаем начальные приближения в соответствии с рис. 2, а функцию Find меняем на выражение в соответствии с рис. 5.

Функция  $L1\_L2(d)$  является векторной, она принимает два значения ( $L1$  и  $L2$ ), рассчитываемых функцией Find при заданном значении  $d$ . Для вывода этих значений необходимо использовать нижний индекс в имени функции.

Так как ранее нами было определено, что нумерация массивов начинается с 1, то в качестве индекса будут использоваться значения 1 и 2, рис. 6.

$L1\_L2(d) := \text{Find}(L1, L2)$

$L1\_L2(d) := \text{Find}(L1, L2)$

$L1\_L2(d)_1 = 70.393 \quad L1\_L2(d)_2 = 9.572$

Рис. 5. Задание функции  $L1\_L2(d)$

Рис. 6. Значения функции  $L1\_L2(d)$  при  $d = 8$

Произведем разделение векторной функции  $L1\_L2(d)$  на две скалярные –  $L1(d)$  и  $L2(d)$ , рис. 7.

$L1(d) := L1\_L2(d)_1 \quad L2(d) := L1\_L2(d)_2$

Рис. 7. Разделение функции  $L1\_L2(d)$

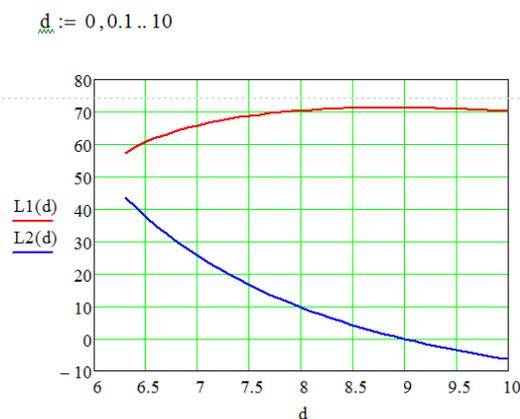


Рис. 8. Графики функций  $L1(d)$  и  $L2(d)$

Построим графики функций  $L1(d)$  и  $L2(d)$ , предварительно задав изменение переменной  $d$  в интервале от 0 до 10 с шагом 0,1, рис. 8.

*Замечание:* Переменная, заданная в виде диапазона значений, получила в Mathcad название ранжированной переменной. Для задания ранжированной переменной можно воспользоваться кнопкой «Переменная-диапазон» на панели «Матрица». Для ввода ранжированной переменной с клавиатуры необходимо воспользоваться клавишей <> для ввода символа ... .

На построенном графике хорошо видно, что лодка имеет наиболее подходящие размеры ( $L2 > 0,5L1$ ) при  $d \in [6,3; 6,7]$ .

**Список используемых источников**

1. Трофимец Е. Н. Информационные технологии математического моделирования в экономических вузах // Образовательные технологии и общество. 2012. Т. 15. № 1. С. 414–423.
2. Трофимец Е. Н. Информационно-аналитические технологии обучения менеджеров в образовательных учреждениях России и за рубежом // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Информатизация образования. 2010. № 1. С. 86–95.
3. Трофимец В. Я., Трофимец Е. Н. Оптимизация в Excel: учеб. пособие. Ярославль: ЯГТУ, 2008. 104 с. ISBN 978-5-9914-0028-2.
4. Трофимец Е. Н. Интегральный подход в обучении математике студентов-экономистов: монография. Ярославль, ЯГТУ, 2009. 170 с.
5. Трофимец Е. Н. Компьютерное моделирование в образовательном процессе студентов – экономистов // Информатика и образование. 2008. № 7. С. 118–119.
6. Каменецкая Н. В. О повышении эффективности самостоятельной работы студентов в вузе // Современное образование: содержание, технологии, качество. 2016. Т. 2. С. 55–57.
7. Очков В. Ф. Mathcad 14 для студентов, инженеров и конструкторов. СПб.: БХВ-Петербург, 2007. 368 с. ISBN 978-5-9775-0129-3.

**УДК 004.7:004.422.8****АНАЛИТИЧЕСКИЕ ИНВАРИАНТЫ  
МОДЕЛЬНО-АНАЛИТИЧЕСКОГО ИНТЕЛЛЕКТА  
ИНФОРМАЦИОННЫХ АГЕНТОВ****А. А. Лебедева, Л. К. Птицына**

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*Представлены преимущества и уязвимости модельно-аналитического интеллекта информационных агентов. Предложен подход к обнаружению и устранению дефектов модельно-аналитического интеллекта информационных агентов при проявлении внештатных ситуаций. Определён вид и класс моделей процессов функционирования интеллектуальных информационных агентов. Выбраны методы генерации инвариантов для модельно-аналитического интеллекта. Описаны типовые фрагменты моделей интеллектуальных информационных агентов для формирования инвариантов. Раскрыт процесс генерации инвариантов для модельно-аналитического интеллекта. Выявлены достоинства использования аналитических инвариантов модельно-аналитического интеллекта информационных агентов.*

*интеллектуальный информационный агент, модельно-аналитический интеллект, объектно-ориентированная модель.*

Одно из основных направлений развития сферы информационных технологий связано с агентными технологиями. Актуальность исследований определяется сложной инфраструктурой современных сетей, огромными объемами обрабатываемой информации, масштабной распределённостью, сложностью и важностью решаемых интеллектуальными информационными агентами задач, высокими требованиями к качеству их функционирования.

Контроль и соблюдение гарантий качества функционирования интеллектуальных агентов в информационной инфраструктуре возлагается на их модельно-аналитический интеллект.

В известных формализациях для формирования модельно-аналитического интеллекта осуществляется учет различных механизмов синхронизации действий агентов (спецификации «И», «ИЛИ», динамические приоритеты) [1, 2] и анализ возможности подтверждения отдельных действий агентов [3].

Однако в разработанных моделях и методах не принимается во внимание влияние внештатных ситуаций на качество работы модельно-аналитического интеллекта, таких как:

- отказ или сбой в работе информационного агента;
- нарушения в работе ресурсов информационной среды, приводящие к получению агентом ложных данных о ее состоянии;
- изменение структуры информационной среды, приводящее к неактуальности полученной агентом информации;
- воздействие информационных угроз.

В связи с изложенным предлагается формальный подход для обнаружения и устранения появляющихся дефектов в функционировании модельно-аналитического интеллекта информационных агентов при проявлении внештатных ситуаций. Предлагаемый подход базируется на развитии описанных в [2, 4] объектно-ориентированных моделей в классе диаграмм деятельности. Расширение основано на представлении нескольких вариантов определения плотности распределения вероятности дискретного времени окончания функционирования группы информационных агентов, совместно решающих обобщённую задачу.

Определение распространяется на типовые фрагменты модели, обладающие следующей особенностью: агенты в параллельном или распределённом режиме обращаются к узлам сети для устранения неопределённости об их состоянии либо для достижения определенных целей.

Работа агента из группы выражается в решении своей собственной задачи, являющейся некоторой подзадачей по отношению к обобщённой. Решение каждой такой задачи описывается соответствующими характеристиками: плотностью распределения вероятностей дискретного времени её

успешного выполнения и плотностью распределения вероятностей дискретного времени её неуспешного выполнения.

Качество работы группы интеллектуальных информационных агентов характеризуется:

$f^s(k^s)$  – плотностью распределения вероятностей дискретного времени успешного выполнения обобщённой задачи группой агентов,  $k^s = 1, 2, \dots, K^s$ ;

$f^f(k^f)$  – плотностью распределения вероятностей дискретного времени неуспешного выполнения обобщённой задачи группой агентов,  $k^f = 1, 2, \dots, K^f$ .

В процессе формирования инвариантов для модельно-аналитического интеллекта применяется модифицированный метод свёртки.

Первый вариант. Плотность распределения вероятности дискретного времени окончания выполнения параллельных или распределённых задач функционирования группы  $I$  информационных агентов находится согласно приводимым соотношениям в зависимости от объединения действий по логической функции «И» или логической функции «ИЛИ». Для определения  $f^s(k^s)$  вводится индекс  $a = s, f$  для определения  $f^f(k^f)$  – индекс  $a = f$ :

$$\begin{aligned} f_{AND}^a(k^a) = & f_1^a(k_{01}^a = k^a) \sum_{k_{02}^a \leq k^a} \sum_{k_{03}^a \leq k^a} \dots \sum_{k_I^a \leq k^a} f_2^a(k_{02}^a) f_3^a(k_{03}^a) \dots f_I^a(k_I^a) + \\ & + f_2^a(k_{02}^a = k^a) \sum_{k_{01}^a < k^a} \sum_{k_{03}^a \leq k^a} \dots \sum_{k_I^a \leq k^a} f_1^a(k_{01}^a) f_3^a(k_{03}^a) \dots f_I^a(k_I^a) + \\ & + f_I^a(k_I^a = k^a) \sum_{k_{01}^a < k^a} \sum_{k_{02}^a < k^a} \dots \sum_{k_{I-1}^a < k^a} f_1^a(k_{01}^a) f_2^a(k_{02}^a) \dots f_{I-1}^a(k_{I-1}^a); \end{aligned}$$

$$k^a = \max_i \min(\tau_i + T_i), \dots, \max_i \max(\tau_i + T_i); i = \overline{1, I}.$$

$$\begin{aligned} f_{OR}^a(k^a) = & f_1^a(k_{01}^a = k^a) \sum_{k_{02}^a \geq k^a} \sum_{k_{03}^a \geq k^a} \dots \sum_{k_I^a \geq k^a} f_2^a(k_{02}^a) f_3^a(k_{03}^a) \dots f_I^a(k_I^a) + \\ & + f_2^a(k_{02}^a = k^a) \sum_{k_{01}^a > k^a} \sum_{k_{03}^a \geq k^a} \dots \sum_{k_I^a \geq k^a} f_1^a(k_{01}^a) f_3^a(k_{03}^a) \dots f_I^a(k_I^a) + \\ & + f_I^a(k_I^a = k^a) \sum_{k_{01}^a > k^a} \sum_{k_{02}^a > k^a} \dots \sum_{k_{I-1}^a > k^a} f_1^a(k_{01}^a) f_2^a(k_{02}^a) \dots f_{I-1}^a(k_{I-1}^a); \end{aligned}$$

$$k^a = \min_i \min(\tau_i + T_i), \dots, \min_i \max(\tau_i + T_i); i = \overline{1, I}.$$

где  $f_i^a(k_{0i}^a)$  – плотность распределения вероятности дискретного времени выполнения отдельной задачи  $i$ -м интеллектуальным информационным

агентом,  $i = 1 \dots I$ ;  $\tau_i$  – дискретное время начала выполнения  $i$ -м интеллектуальным информационным агентом своей задачи,  $i = 1 \dots I$ ;  $T_i$  – длительность выполнения  $i$ -м интеллектуальным информационным агентом своей задачи,  $i = 1 \dots I$ ;  $k_i^a$  – время окончания выполнения  $i$ -м интеллектуальным информационным агентом своей задачи,  $i = 1 \dots I$ .

Второй вариант. Определение плотности распределения вероятности времени выполнения действий группой агентов по логическим функциям «И» и «ИЛИ» осуществляется по формулам:

$$f_{AND}^a(k^a) = \prod_{i=1}^I \sum_{j=0}^{k^a} f_i^a(j) - \prod_{i=1}^I \sum_{j=0}^{k^a-1} f_i^a(j);$$

$$f_{OR}^a(k^a) = \prod_{i=1}^I \left(1 - \sum_{j=0}^{k^a-1} f_i^a(j)\right) - \prod_{i=1}^I \left(1 - \sum_{j=0}^{k^a} f_i^a(j)\right).$$

Третий вариант. Определение плотности распределения вероятности дискретного времени выполнения действий группой агентов по логическим функциям «И» и «ИЛИ» проводится с применением математического аппарата конечных цепей Маркова:

$$f_{AND}^a(k^a) = p_{1,N_1+1}^{(1,k^a)} p_{1,N_2+1}^{(2,k^a)} \dots p_{1,N_I+1}^{(I,k^a)} -$$

$$- p_{1,N_1+1}^{(1,(k^a-1))} p_{1,N_2+1}^{(2,(k^a-2))} \dots p_{1,N_I+1}^{(I,(k^a-1))};$$

$$f_{OR}^a(k^a) = \left(1 - p_{1,N_1+1}^{(1,(k^a-1))}\right) \left(1 - p_{1,N_2+1}^{(2,(k^a-2))}\right) \dots \left(1 - p_{1,N_I+1}^{(I,(k^a-1))}\right) -$$

$$- \left(1 - p_{1,N_1+1}^{(1,k^a)}\right) \left(1 - p_{1,N_2+1}^{(2,k^a)}\right) \dots \left(1 - p_{1,N_I+1}^{(I,k^a)}\right);$$

где  $\mathbf{P}^{(i)}$  – матрица состояний размерности  $((N_i+1) \times (N_i+1))$ , описывающая процесс решения отдельной задачи  $i$ -м интеллектуальным информационным агентом в виде конечной цепи Маркова,  $i = 1, 2, \dots, I$ ;  $N_i + 1$  – номер поглощающего состояния матрицы  $\mathbf{P}^{(i)}$ ,  $i = 1, 2, \dots, I$ ;  $p_{1,N_i+1}^{(i,k^a)}$  –  $(1, N_i)$ -й элемент матрицы, полученной после возведения в степень  $k^a$  матрицы  $\mathbf{P}^{(i)}$ ,  $i = 1, 2, \dots, I$ .

Предложенный подход за счет определения динамических характеристик функционирования агентов альтернативными способами позволяет подтвердить корректность получаемых оценок, обнаружение нарушений в их работе и гарантировать необходимое качество работы модельно-аналитического интеллекта информационных агентов.

#### Список используемых источников

1. Лебедева А. А., Птицына Л. К. Методика анализа интеллектуальных информационных агентов с динамической синхронизацией их действий // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. IV Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. / под ред. С. В. Бачевского. СПб.: СПбГУТ. 2015. С. 524–529.

2. Птицына Л. К., Лебедева А. А. Модельно-аналитическое обеспечение информационных интеллектуальных агентов с динамической синхронизацией их действий // Научные технологии в космических исследованиях Земли. 2014. № 6. С. 68–71.

3. Птицына Л. К., Лебедева А. А. Аналитические компоненты информационной технологии формирования динамических характеристик запросов интеллектуальных агентов с подтверждением // Научные технологии в космических исследованиях Земли. 2015. № 1. С. 32–36.

4. Лебедева А. А., Птицына Л. К. Методологические основы управления качеством функционирования информационных интеллектуальных агентов // Аспирант. 2015. № 8 (2). С. 60–63.

УДК 004.021

## АЛГОРИТМ ПОИСКА НЕЧЕТКИХ ДУБЛИКАТОВ ТЕКСТА

**А. С. Левкин, В. О. Хилько**

Военная академия связи им. Маршала Советского Союза С. М. Буденного

*В статье рассматриваются основные особенности алгоритмов поиска схожих между собой текстов с целью выявления случаев плагиата и, в частности, метод, основанный на понятии шинглов: его принцип работы, а также вариант модификации с помощью локальных алгоритмов и методов SEO, перспективы и области его применения. Интересен он из-за предоставляемых широких возможностей для использования, модернизации и совершенствования, продемонстрированных многими популярными поисковыми системами и сервисами анализа текста. Подобными методами долгое время активно пользуются различные гражданские поисковые системы, а также системы оценки уникальности текста, такие как Turnitin, Антиплагиат, Copyscape.*

*алгоритм, анализ текста, поиск, плагиат.*

Алгоритмы сравнения текстов разделяются на локальные и глобальные в зависимости от количества используемых в их работе документов.

Рассмотрим локальные алгоритмы. Основная их идея представляет собой синтаксический анализ документа: исходя из этого анализа, документу ставится в соответствие определенное количество сигнатур [1].

Наиболее широкоупотребительные локальные методы сравнения текстов:

- сравнение наиболее длинных предложений текстов;
- методы, основанные на частоте слов (*term frequency*);
- методы, использующие понятие шинглов;

– наибольшая общая последовательность (*longest common subsequence*, LCS).

Отличительной же чертой глобальных же алгоритмов является использование большой библиотеки документов, используемой для накопления статистических данных о текстах.

Примеры глобальных алгоритмов:

– Методы на основе редкости встречаемых слов (*inverse document frequency*, TF-IDF);

– I-Match метод;

– Метод «опорных» слов.

На рис. 1 приведены основные этапы работы алгоритма шинглов.



Рис. 1. Этапы работы алгоритма

Канонизация текста (приведение его к единой форме) заключается в очистке от предлогов, союзов, знаков препинания, HTML тегов, и так далее. В некоторых случаях так же предлагается удалять из текста прилагательные, так как они не несут смысловой нагрузки. Так же можно приводить существительные к именительному падежу, единственному числу, либо оставлять от них только корни [2]. На выходе имеем текст, готовый для сравнения.

Шинглы представляют собой выделенные из текста подпоследовательности слов, следующих внахлест, подобно чешуйкам (от английского *shingles* – чешуйки)[3]. Для выделения шингла необходимо из сравниваемых текстов выделить  $N$  слов, идущих друг за другом. Таким образом, разбивая текст на подпоследовательности, мы получим набор шинглов. Число шинглов для документа со сдвигом шингла в  $M$  слов будет составлять:

$$K = L - N + M,$$

где  $K$  – число шинглов в документе,  $N$  – длина шингла,  $M$  – сдвиг шингла ( $M < N$ ),  $L$  – число слов в документе.

Следующий этап заключается в сравнении хеш-сумм двух текстов между собой.

Перевод текстовых блоков в их контрольные суммы особенно привлекателен тем, что не только ускоряет процесс сравнения (пример увеличения

быстродействия представлен на рис. 2), но и предоставляет возможность использовать хеш-функции с гарантированной невозможностью обратного вычисления исходного текста (например, SHA-1) [4]. Помимо этого, становится возможным хранить базу преобразованных для сравнения текстов без возможности их прочтения, что позволяет, используя доверенные криптоалгоритмы, обрабатывать сведения, составляющие государственную тайну.

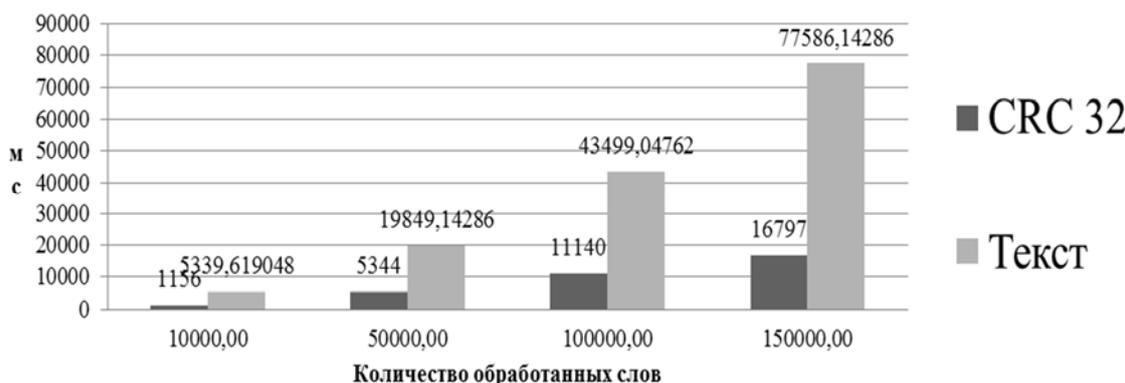


Рис. 2. Сравнение затраченного времени работы до и после предварительного хеширования с использованием хеш-функции CRC 32

Сравнение можно проводить как непосредственно для всей коллекции шинглов документов, что довольно долго, так и для выборки, осуществляемой локальными методами, предварительный проход по которой позволяет значительно сократить время поиска похожих текстов.

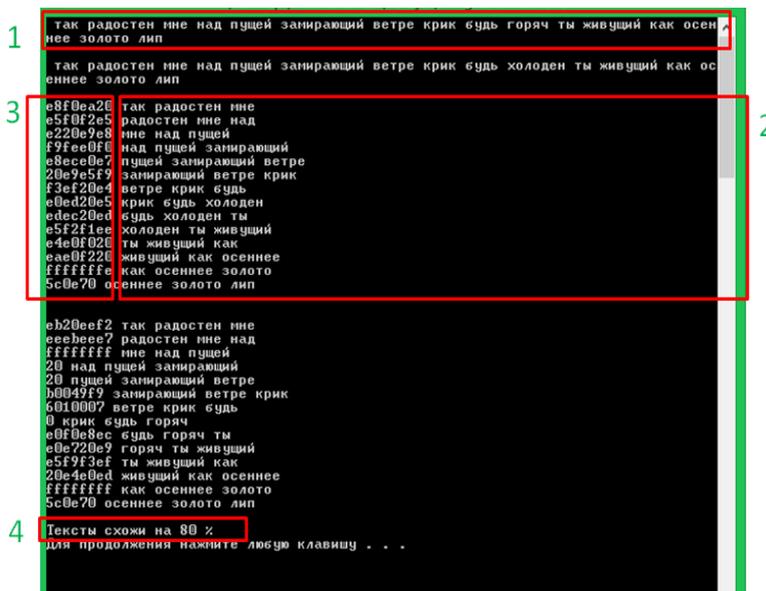


Рис. 3. Пример работы алгоритма: 1 – исходный текст, 2 – выделенные текстовые шинглы, 3 – хеш-суммы шинглов, 4 – результат сравнения

Таким образом целесообразно разделить процесс поиска дубликатов на два этапа: предварительный выбор из коллекции документов схожих по тематике со сверяемым с помощью методов SEO (например, функции BM-25) [2, 5]. Для этого необходимо выделить в заголовок каждого документа библиотеки ключевые слова или последовательности, которые будут являться его сигнатурой, после чего сортировка будет проводиться лишь по ключевым словам,

выделяя тексты, которые могут быть частичными или полными дубликатами исследуемого. На втором этапе осуществляется непосредственное сравнение отобранных документов с рассматриваемым, подсчитывается процент совпадения текстов по ранее рассмотренному алгоритму.

Таким образом рассмотренный алгоритм может является достаточно эффективным при рассмотрении локальной коллекции документов. Возможность его широкой оптимизации и модернизации делает его достаточно мощным инструментом для поиска и точной оценки схожести текстов. Однако данный алгоритм становится непригодным при использовании в сети Интернет из-за огромных объемов обрабатываемой информации и значительного времени работы. В этом случае эффективнее будет использовать модель «мешка слов», SDS или векторные преобразования для более быстрого, но в то же время и сильно приближенного сравнения текстов.

#### Список используемых источников

1. Зеленков Ю. Г., Сегалович И. В. Сравнительный анализ методов определения нечетких дубликатов для Web-документов // Труды 9-й Всероссийской научной конференции «Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции». RCDL'2007, Переславль, Россия, 2007. Том 1. С. 166–174.
2. Manber U. Finding Similar Files in a Large File System. Winter USENIX Technical Conference, 1994.
3. Broder, S. Glassman, M. Manasse and G. Zweig. Syntactic clustering of the Web. Proc. of the 6th International World Wide Web Conference, April 1997.
4. Ross N. Williams Элементарное руководство по CRC алгоритмам обнаружения ошибок
5. Ландэ Д. В., Снарский А. А., Безсуднов А. В. Интернетика. Навигация в сложных сетях. Модели и алгоритмы. М.: Либроком, 2009.

УДК 004.4:004.6

## ОЦЕНКА КАЧЕСТВА АЛГОРИТМОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ

**В. Л. Литвинов, Е. С. Ребковец, И. В. Яковлев**

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*Определена процедура эмпирического оценивания для тестирования и сравнения алгоритмов классификации. Описана операция использования кросс-валидации. Приведены необходимые метрики для измерения точности методов. Рассмотрены алгоритмы фильтрации классифицируемых данных для повышения точности измерения.*

Приведены результаты экспериментально полученных показателей точности с использованием нескольких алгоритмов машинного обучения и произведена интерпретация этих данных.

интеллектуальный анализ данных, классификация, кросс-валидация.

Процедура эмпирического оценивания обобщающей способности алгоритмов, или кросс-валидация, является методикой тестирования и сравнения алгоритмов классификации и используется для выбора наиболее эффективного метода классификации интеллектуального анализа данных.

Существует несколько разновидностей скользящего контроля [1]:

- полная кросс-валидация (*complete cross validation*);
- случайные разбиения (*random cross validation*);
- контроль на отложенных данных (*hold-out cross validation*);
- контроль по отдельным объектам (*leave-one-out cross validation* или LOO CV);
- контроль по  $k$  блокам (*k-fold cross validation*), контроль по  $n \times k$  блокам (*n × k-fold cross validation*).

Общую схему операции кросс-валидации можно увидеть на схеме по  $k$  блокам на рис.

Один цикл кросс-валидации включает разбиение набора данных на части, затем построение модели на одной части, называемой тренировочным набором, и валидация модели на другой части, называемой тестовым набором. Чтобы уменьшить разброс результатов, разные циклы кросс-валидации проводятся на разных разбиениях, а результаты валидации усредняются по всем циклам.



Рисунок. Схема операции кросс-валидации

Для оценки качества работы системы применяются различные оценки, основанные на анализе результатов работы системы. В РОМИП (Российский семинар по Оценке Методов Информационного Поиска) используются следующие метрики оценки качества работы систем классификации [2]:

- полнота (*recall*);
- точность (*precision*);
- аккуратность (*accuracy*);
- *F*-мера (*F-measure*).

Данные метрики основываются на матрице классификации, или матрице контингентности, или матрице неточностей, представленной в таблице 1.

ТАБЛИЦА 1. Матрица контингентности

		Верные результаты	
		Положительная (1)	Отрицательная (0)
Результат модели	Положительная (1)	<i>TP</i>	<i>FP</i>
	Отрицательная (0)	<i>FN</i>	<i>TN</i>

В таблице содержится информация о том, сколько раз система приняла верное решение и сколько раз неверное по документам заданного класса. А именно:

- *TP* – истинно-положительное решение, то есть количество документов, найденных системой и релевантных с точки зрения экспертов;
- *TN* – истинно-отрицательное решение;
- *FP* – ложно-положительное решение;
- *FN* – ложно-отрицательное решение.

Измерение точности классификации выполняется с помощью использования следующих метрик: *Accuracy*, *Precision*, *Recall*, *F*-мера.

Метрика *Accuracy* (1) измеряет долю документов, по которым классификатор принял правильное решение.

$$Accuracy = \frac{TP + FN}{N}, \quad (1)$$

где  $N$  – размер обучающей выборки.

Метрика *Precision* (2) определяет, сколько полученных от классификатора положительных ответов являются правильными.

$$Precision = \frac{TP}{TP + FN}. \quad (2)$$

Метрика полноты *Recall* (3) определяет способность классификатора угадывать как можно большее число положительных ответов от ожидаемых. Ложноположительные ответы на эту метрику не влияют.

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN}. \quad (3)$$

*Precision* (2) и *Recall* (3) являются метриками, которые используются для оценки большей части алгоритмов извлечения информации и предоставляют полную оценку модели. Они используются в качестве базиса для производных метрик, таких как *F*-мера (4).

$$F = 2 * \frac{Precision * Recall}{Precision + Recall}. \quad (4)$$

Это одна из самых распространенных метрик подобного рода систем. *F*-мера (4) является хорошим кандидатом на формальную метрику оценки качества классификатора. Она сводит к одному числу две других основополагающих метрики: точность и полноту.

При мультиклассовой классификации используются метрики усреднения *macro-averaging* (5) и *micro-averaging* (6):

$$P_{macro} = \frac{\sum_{i=1}^l \frac{TP_i}{TP_i + FP_i}}{l}. \quad (5)$$

$$P_{micro} = \frac{\sum_{i=1}^l TP_i}{\sum_{i=1}^l (TP_i + FP_i)}, \quad (6)$$

где  $l$  – классы.

Это два основных подхода, по которым, в первом случае, результаты по всем классам можно свести в одну единую таблицу, по которой затем вычисляется метрика *F*, а во втором, для каждого класса формируется своя матрица неточностей и свое значение *F*, а затем берется арифметическое среднее для всех классов. В рамках эксперимента исследования целесообразно было воспользоваться вторым вариантом, так как необходимо оценить качество работы системы равномерно для всех классов.

В таблице 2 приведены результаты проведенного эксперимента. Эксперимент был реализован на языке Python для измерения точности алгоритмов машинного обучения, описанных в библиотеке sklearn. Полученные значения указывают на более высокую эффективность последнего алгоритма машинного обучения.

ТАБЛИЦА 2. Полученные значения эксперимента

Алгоритмы машинного обучения	Точность ( <i>precision micro-averaging</i> )
SVC	0,2883
KNeighborsClassifier	0,6050
RandomForestClassifier	0,7967
LogisticRegression	0,9183

Таким образом, данный подход позволяет оценить качество не только стандартных методик, но также дать оценку разрабатываемой методике интеллектуального анализа данных.

#### Список используемых источников

1. Воронцов К. В. Комбинаторный подход к оценке качества обучаемых алгоритмов // М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. Т. 13. С. 5–36.
2. Агеев М., Кураленок И. Официальные метрики РОМИП. [Электронный ресурс] // URL: [http://romip.ru/docs/romip\\_metrics.pdf](http://romip.ru/docs/romip_metrics.pdf) (дата обращения: 30.03.2017).

УДК 004.4:004.6

## ОЦЕНКА КАЧЕСТВА АЛГОРИТМОВ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ

**В. Л. Литвинов, Е. С. Ребковец, И. В. Яковлев**

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*Рассматривается задача оценки качества структуры кластеров, полученных в процессе кластерного анализа. Описываются основные методы оценки результатов кластеризации массива данных и приведено математическое описание расчета метрик и индексов качества. Рассматривается реализация алгоритмов оценки кластеризации в библиотеке *sklearn* языка *Python*. Произведены анализ и сравнение результатов эксперимента по оценке качества методов кластеризации данных.*

*кластерный анализ данных, кластеризация, оценка качества кластеризации.*

Оценка качества структуры кластеров является одним из важных этапов в процессе кластерного анализа. В большей части методов оценки качества кластерного анализа используются количественные показатели, которые называются индексами или метриками. Оценка качества кластеризации является менее популярной областью научного исследования, чем сам кластерный анализ, поэтому методов оценки качества существует не так много. Описание основных методов оценки приведено ниже.

Индекс оценки силуэта (*Silhouetteindex*) каждого из кластеров определяется следующим образом: пусть элемент  $x_j$  принадлежит кластеру  $p$ , а среднее расстояние от этого объекта до других объектов из этого же кластера через  $a_{pj}$ . Далее обозначается среднее расстояние от  $x_j$  до объектов из другого кластера  $q$  через  $d_{qj}$ . Определяется несхожесть отдельного элемента с элементами ближайшего кластера как [1]:

$$b_{pj} = \min_{q \neq p} d_{qj}.$$

Таким образом, для каждого отдельного элемента «силуэт» рассчитывается по формуле (1):

$$S_{x_j} = \frac{b_{pj} - a_{pj}}{\max(a_{pj}, b_{pj})}. \quad (1)$$

Более высокое значение показателя  $S_{x_j}$  характеризует «большую» принадлежность объекта  $x_j$  к кластеру  $p$ . Оценка для всех объектов кластера вычисляется по формуле (2):

$$SWC = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N S_{x_j}. \quad (2)$$

Лучшее разбиение соответствует максимальным значениям  $SWC$ , что достигается, когда расстояние внутри кластера мало, а расстояние между объектами соседних кластеров велико [2].

Однородность (*homogeneity*) обозначает, что каждый кластер содержит представителей одного класса. Полнота (*completeness*) обозначает, что все представители данного класса принадлежат к одному и тому же кластеру [3].

Значения данных метрик варьируется между 0 и 1 (чем больше, тем лучше) и определяются формулами (3), (4):

$$h = 1 - \frac{H(C | K)}{H(C)}, \quad (3)$$

$$c = 1 - \frac{H(K | C)}{H(K)}, \quad (4)$$

где  $H(C | K)$  – условная энтропия классов определенных принадлежностью к кластеру и  $H(C)$  энтропия классов, которые можно вычислить по соответствующим формулам (5), (6):

$$H(C | K) = - \sum_{c=1}^{|C|} \sum_{k=1}^{|K|} \frac{n_{c,k}}{n} \log \frac{n_{c,k}}{n_k}, \quad (5)$$

$$H(C) = - \sum_{c=1}^{|C|} \frac{n_c}{n} \log \frac{n_c}{n}, \quad (6)$$

где  $n$  – количество объектов в выборке,  $n_c$  и  $n_k$  – количество объектов соответственно принадлежащих классу  $c$  и кластеру  $k$ , а  $n_{c,k}$  – является количеством объектов из выборки класса  $c$ , которые определены в кластер  $k$ .

По полученным значениям метрик однородности и полноты вычисляется показатель V-measure – среднее гармоническое однородности и полноты (7).

$$v = 2 \frac{hc}{h + c} \quad (7)$$

Индекс Adjusted Rand Index (ARI) выражает меру сходства двух разбиений: если разбиения совпадают, то значения индекса равно 1, и 0 в противном случае [4]. Для определения индекса ARI между двумя разбиениями  $U = \{U_1, U_2, \dots, U_l\}$  и  $V = \{V_1, V_2, \dots, V_m\}$ , где  $l, m$  – число кластеров полученных в разбиениях  $U, V$  соответственно, составляется следующая таблица сопряженности (табл. 1):

ТАБЛИЦА 1. Таблица сопряженности

$U, V$	$V_1$	$V_2$	...	$V_m$	Суммы
$U_1$	$n_{11}$	$n_{12}$	...	$n_{1m}$	$a_1$
$U_2$	$n_{21}$	$n_{22}$	...	$n_{2m}$	$a_2$
...	...	...	...	...	...
$U_l$	$n_{l1}$	$n_{l2}$	...	$n_{lm}$	$a_l$
Суммы	$b_1$	$b_2$	...	$b_m$	

Тогда индекс ARI можно вычислить по формуле:

$$ARI = \frac{\sum_{i,j} \binom{n_{i,j}}{2} - [\sum_i \binom{a_i}{2} \sum_j \binom{b_j}{2}]}{\frac{1}{2} [\sum_i \binom{a_i}{2} + \sum_j \binom{b_j}{2}] - [\sum_i \binom{a_i}{2} \sum_j \binom{b_j}{2}] / \binom{n}{2}}$$

Adjusted Mutual Information (AMI) – мера сходства двух разбиений, которая учитывает вероятности отнесения объекта к определенному кластеру. Значение данной метрики также варьируются от 0 до 1 и является нормированной метрикой Mutual Information, так как её значение для больших кластеров обычно выше [5]. Мера Mutual Information выражается формулой:

$$MI(U, V) = - \sum_{i=1}^{|U|} \sum_{j=1}^{|V|} P(i, j) \log \frac{P(i, j)}{P(i) P(j)},$$

где  $P(i) = \frac{|U_i|}{N}$  – вероятность того, что объект попадет в класс  $U_i$ ,  $P(j) = \frac{|V_j|}{N}$  и  $P(i, j) = \frac{|U_i \cap V_j|}{N}$  – вероятность того, что объект попадет в оба класса  $U_i$  и  $V_j$ .

Значение Adjusted Mutual Information выражается формулой:

$$AMI = \frac{MI - E[MI]}{\max(H(U), H(V)) - E[MI]},$$

где  $H(U)$  и  $H(V)$  – энтропия разбиений  $U$  и  $V$ , которая вычисляется выражением (8).

$$H(U) = \sum_{i=1}^{|U|} P(i) \log(P(i)), \quad (8)$$

а  $E[MI]$  является ожидаемым значением метрики Mutual Information, которое можно получить с помощью выражения:

$$E[MI(U, V)] = \sum_{i=1}^{|U|} \sum_{j=1}^{|V|} \sum_{n_{i,j}=(a_i+b_j-N)}^{\min(a_i, b_j)} \frac{n_{i,j}}{N} \log\left(\frac{N, n_{i,j}}{a_i b_j}\right) \frac{a_i! b_j! (N - a_i)! (N - b_j)!}{N! n_{i,j}! (a_i - n_{i,j})! (b_j - n_{i,j})! (N - a_i - b_j + n_{i,j})!}.$$

Для осуществления оценки и выбора алгоритма кластерного анализа проведен эксперимент на пробных данных с помощью реализаций перечисленных выше методов оценки в библиотеке scikit-learn на языке Python. В таблице 2 представлены результаты произведенного эксперимента.

ТАБЛИЦА 2. Результат оценки алгоритмов кластеризации

Алгоритм	Homog.	Compl.	V-measure	ARI	AMI	Silhouette
Birch	0.787	0.809	0.798	0.746	0.784	0.555
DBSCAN	0.567	0.576	0.571	0.457	0.558	0.121
AffinityPropagation	0.751	0.765	0.758	0.730	0.748	0.553
MeanShift	0.733	0.750	0.741	0.714	0.729	0.552
KMeans	0.751	0.765	0.758	0.730	0.748	0.553
SpectralClustering	0.760	0.772	0.766	0.744	0.757	0.551

Исходя из результатов оценки, вытекает вывод о том, что наилучшие значения метрик с заданной пробной выборкой данных у алгоритма Birch. Остальные алгоритмы имеют близкие значения параметров, кроме алгоритма DBSCAN.

#### Список используемых источников

1. Сивоголовко Е. В. Методы оценки качества нечёткой кластеризации // Компьютерные инструменты в образовании. 2011. С. 14–31.
2. Rousseeuw P. J. Silhouettes: a Graphical Aid to the Interpretation and Validation of Cluster Analysis // Computational and Applied Mathematics. 1987. PP. 53–65.
3. Rosenberg A., Hirschberg J. V-Measure: A Conditional Entropy-Based External Cluster Evaluation Measure // Proceedings of the 2007 Joint Conference on Empirical Methods

in Natural Language Processing and Computational Natural Language Learning. 2007. PP. 410–420.

4. Rand W. M. Objective criteria for the evaluation of clustering methods // Journal of the American Statistical Association. 1971. PP. 193–218.

5. Vinh N., Epps J., Bailey J. Information Theoretic Measures for Clusterings Comparison: Variants, Properties, Normalization and Correction for Chance // Journal of Machine Learning Research 11. 2010. PP. 2837–2854.

УДК 004.85

## ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В СОЦИАЛЬНЫХ МЕДИА-РЕСУРСАХ

**В. Л. Литвинов, К. В. Соколова**

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича

*В статье рассмотрено применение машинного обучения в современных социальных медиа-ресурсах, которые представляют собой особый вид коммуникации в обществе и позволяют объединять интересы различных групп социума. Основное содержание исследования составляет анализ методов и алгоритмов машинного обучения, выявление основных задач, решаемых с помощью машинного обучения. Приведены цели и задачи использования машинного обучения в социальных медиа-ресурсах. Предложены методы и алгоритмы машинного обучения для анализа контента социальных медиа-ресурсов.*

*машинное обучение, алгоритмы машинного обучения, метод машинного обучения, социальные медиа-ресурсы, контент.*

В настоящее время в информационном обществе возрастает роль социальных медиа, которые представляют собой новый вид коммуникации и позволяют участникам электронного общения делиться знаниями, мнениями, новостями, фотографиями, музыкой и т. д. в режиме реального времени. В то же время сегодня существуют системы, которые способны обучаться и анализировать сложные текстовые документы.

Целью данного исследования является анализ методов и алгоритмов машинного обучения, выявление основных задач, решаемых с помощью машинного обучения в социальных медиа-ресурсах.

Машинное обучение (*Machine Learning*) находится на стыке прикладной статистики, численных методов оптимизации, дискретного анализа, и уже давно оформилось в самостоятельную математическую дисциплину.

Методы машинного обучения составляют основу ещё одной дисциплины – интеллектуального анализа данных (*data mining*).

Метод обучения (*learning algorithm*) – это отображение

$$\mu: (X \times Y)^{\ell} \rightarrow A,$$

которое произвольной конечной выборке  $X^{\ell} = (x_i, y_i)^{\ell}$  ставит в соответствие некоторый алгоритм  $a \in A$ . Говорят также, что метод  $\mu$  строит алгоритм  $a$  по выборке  $X^{\ell}$ . Метод обучения должен допускать эффективную программную реализацию.

На этапе обучения метод  $\mu$  по выборке  $X^{\ell}$  строит алгоритм  $a = \mu(X^{\ell})$ . На этапе применения алгоритм  $a$  для новых объектов  $x$  выдаёт ответы  $y = a(x)$ .

Алгоритм принято считать алгоритмом машинного обучения, если он способен улучшать своё поведение по мере приобретения опыта. Это означает, что алгоритм способен обучать параметры модели либо на основе подготовленных тестовых примеров, либо на основе собственных ошибок, со временем лучше и лучше решая поставленную задачу.

Процесс машинного обучения состоит из следующих этапов, взаимодействие которых представлено на рис. [1].

Под социальными медиа-ресурсами понимается онлайн-коммуникация, которая позволяет индивидууму, меняя свою роль, выступать либо в качестве аудитории, либо в качестве автора.

Для социальных медиа-ресурсов можно выделить следующие характеристики [2]:

1. Возможность корректировки уже опубликованной информации.
2. Интерактивность.
3. Возможность отслеживания популярности публикаций.
4. Быстрый доступ к старым материалам.
5. Мультимедийность.
6. Отсутствие согласования материалов.
7. Неограниченность по объему.
8. Доступность ссылок на другие материалы.
9. Отсутствие полного контроля над содержанием страницы.

Под контентом следует понимать информационное содержание медиа-ресурсов, включающее текстовую, графическую, звуковую и другие виды информации. На основании этого контента можно выделить такие медиа-ресурсы, как блоги, форумы, социальные сети или wiki-проекты, относящиеся к медиа-ресурсам, которые выстраивают взаимодействие около этих видов контента.

На основе анализа контента можно определять настроение пользователей, используя такие алгоритмы машинного обучения, как «наивный» Байесовский классификатор и алгоритм SVM (*support vector machine*) [3].

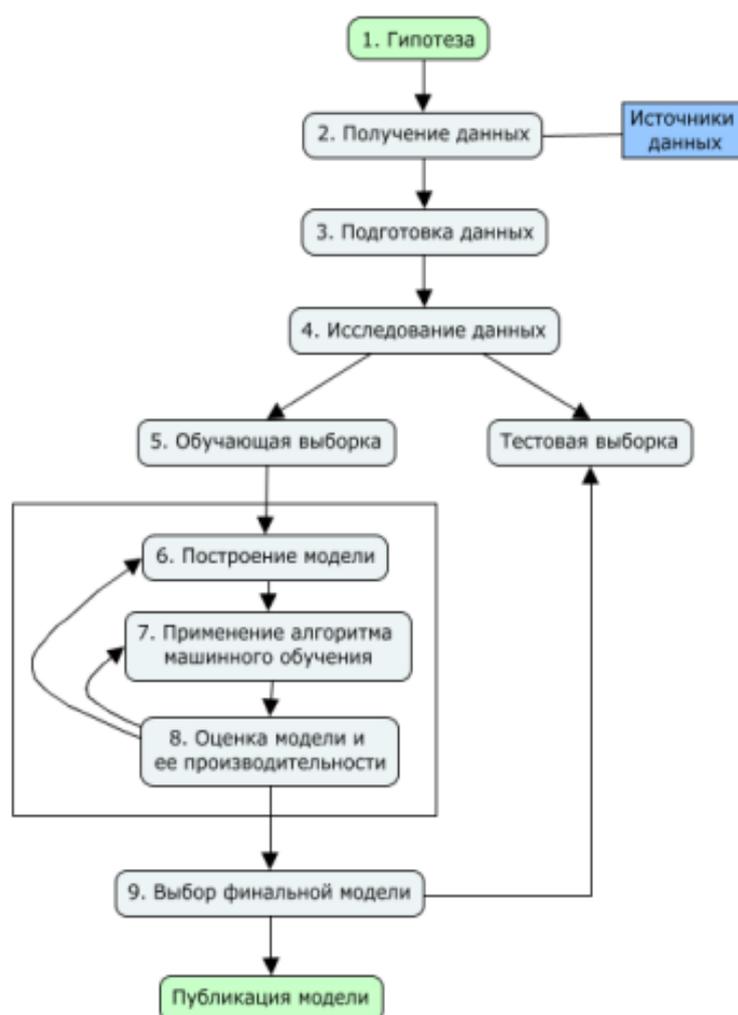


Рисунок. Этапы процесса машинного обучения

Наивный Байесовский классификатор является вероятностным классификатором, который основывается на применении теоремы Байеса со строгими предположениями о независимости. Отличительной особенностью «наивного» Байесовского классификатора является малое количество данных, которые необходимы для оценки параметров, требующихся для классификации.

Алгоритм SVM или метод опорных векторов представляет собой набор схожих алгоритмов, использующихся для задач классификации. Достоинством алгоритма SVM является непрерывное уменьшение эмпирической ошибки классификации и увеличение зазора.

Таким образом, социальные медиа-ресурсы получили широкое распространение в современном информационном обществе, представляя собой совершенно новый вид коммуникации, который позволяет пользователям обмениваться различного рода контентом. При анализе этого контента целесообразно использовать методы и алгоритмы машинного обучения.

**Список используемых источников**

1. Литвинов В. Л., Румянцева В. О. Интеллектуальный профиль среды машинного обучения Azure Machine Learning // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. V международной научно-технической и научно-методической конференции: сб. науч. ст. Том 2. СПб. : СПбГУТ, 2016. С. 133–136.

2. Борченко И. Д. Социальные медиа как инструмент массовой коммуникации // Наука и образование в XXI веке: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции 30 сентября 2013 г. Часть 7. Тамбов, 2013. С. 35.

3. Субботин С. В., Большаков Д. Ю. Применение байесовского классификатора для распознавания классов целей // Журнал Радиоэлектроники. 2006. № 4. URL: <http://jre.cplire.ru/iso/oct06/2/text.html> (дата обращения 30.03.2017).

**УДК 007:519.2****ВЕРОЯТНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ  
БИНАРНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ.  
ПРОДОЛЖЕНИЕ****В. А. Медведев**

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*Рассматривается бинарная последовательность как дискретное кольцо неопределённого размера, в котором дискрета может принимать одно из двух возможных значений. Продолжено изложение способа исчисления вероятностей событий бинарной последовательности путём вероятностного позиционирования. Приведены формульные соотношения. Введено понятие ресурса события как основы для определения вероятностей событий бинарной последовательности.*

*бинарная последовательность, модель, вероятность, вероятностное позиционирование, ресурс события.*

Бинарная последовательность есть двоичное кольцо неопределённого размера; это – дискретный случайный процесс с двумя возможными значениями на одной позиции, обозначенными как «0» и «1» (рис. 1). Определённая таким образом она выступает как обобщение всевозможных реализаций бинарной последовательности [1].

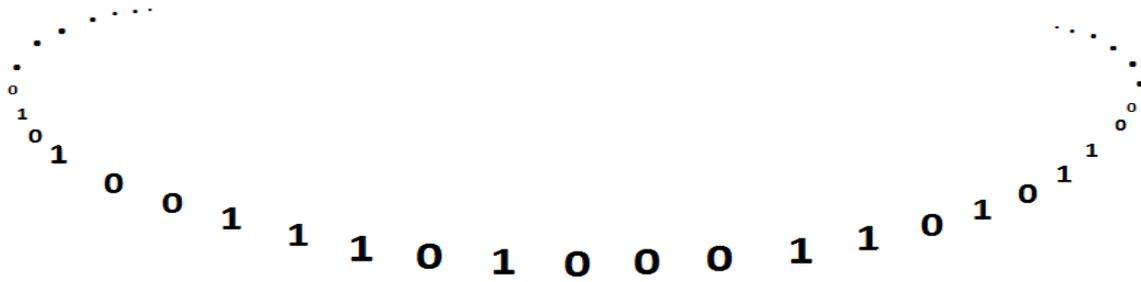


Рис. 1. Бинарная последовательность

Внутренняя структура бинарной последовательности является собой чередование пачек (серий) нулей и единиц. Размер пачки есть величина случайная и характеризуется вероятностью:  $G_0(k)$  – вероятность пачки, состоящей из  $k$  нулей;  $G_1(k)$  – вероятность пачки, состоящей из  $k$  единиц. Математические ожидания для пачек нулей и единиц соответственно составляют:

$$M_0 = \sum_{k=1} k G_0(k) \quad \text{и} \quad M_1 = \sum_{k=1} k G_1(k).$$

Эта внутренняя структура формируется путём последовательного движения по бинарным значениям каждой позиции последовательности. Отправной точкой здесь является значение позиции (ноль или единица), а случайной величиной – число позиций. Можно сказать, что это – динамическая сторона бинарной последовательности.

Вторая структура (назовём её внешней) получается путём изменения причинно-следственных связей на противоположные по сравнению с процессом формирования внутренней структуры: исходной точкой является сама позиция (или несколько позиций), а случайной величиной – двоичное значение позиции.

Безусловные вероятности  $P(0)$  и  $P(1)$  получения соответственно нуля и единицы при независимом отсчете одной позиции бинарной последовательности определяются математическими ожиданиями пачек нулей и единиц [1]:

$$P(0) = \frac{M_0}{M_0 + M_1}, \quad P(1) = \frac{M_1}{M_0 + M_1}.$$

Указанные вероятности представляются следующим образом:

$$P(0) = P(00) + P(01); \quad (1)$$

$$P(1) = P(11) + P(10). \quad (2)$$

В свою очередь:

$$P(00) = P(000) + P(001); \quad (3)$$

$$P(01) = P(010) + P(011). \quad (4)$$

И также:  $P(000) = P(0000) + P(0001)$ ;  $P(001) = P(0010) + P(0011)$ , и так далее [1].

Безусловные вероятности в данной цепочке можно определить через условные вероятности. Например,

$$P(011) = P(01) P(01/1) = P(0) P(0/11). \quad (5)$$

В [2] продемонстрирован способ определения условных вероятностей путём вероятностного позиционирования. Однако там были определены условные вероятности только вида  $P(0/0\dots01)$  и  $P(0\dots0/1)$ . Здесь же будет продолжено движение этим путём и на примерах показан приём получения вероятностей для событий произвольной конфигурации (состава).

В первом примере рассматривается событие «01». Его вероятность, как показано в [2], равна  $1/(M_0 + M_1)$ . Исходя из соотношений (1)–(4) вероятность события «01» можно представить как

$$P(01) = P(010) + P(0110) + P(01110) + P(011110) + \dots \quad (6)$$

Получить «0» после события «01» с вероятностной точки зрения означает позиционировать «1» из этого события внутрь пачки, состоящей из одной единицы, а получить «1» после события «01» означает оказаться внутри пачки, у которой число единиц больше одной. Переводя последнее предложение на язык формул (и памятуя о связи выражений (4), (5) и (6)), получаются следующие условные вероятности:

$$P(01/0) = G_1(1);$$

$$P(01/1) = \sum_{k=2} G_0(k).$$

Во втором примере определяются условные вероятности  $P(0111/0)$  и  $P(0111/1)$ . Рассуждая аналогичным образом, производится позиционирование тройки единиц – «111» – внутрь пачки и обнаруживается, что получить справа нуль означает попасть в пачку из трёх единиц, а получить единицу – в пачку с числом единиц более трёх. Получаются искомые вероятности (с учётом нормировки):

$$P(0111/0) = G_1(3) / \sum_{k=3} G_0(k);$$

$$P(0111/1) = \sum_{k=4} G_0(k) / \sum_{k=3} G_0(k).$$

В третьем примере рассматриваются вероятности  $P(100111/0)$  и  $P(100111/1)$ . Событие «0111» в предыдущем примере отличается от события «100111» данного примера тем, что слева добавлена пара «10». В результате образовалась бинарная конфигурация, в которой явно присутствует пачка из двух нулей. Однако если не накладывать никаких ограничений на порядок следования пачек в последовательности, то все рассуждения предыдущего примера автоматически переносятся на данный случай.

Таким образом, получаются следующие соотношения:

$$\begin{aligned} P(100111/0) &= G_1(3) / \sum_{k=3} G_0(k); \\ P(100111/1) &= \sum_{k=4} G_0(k) / \sum_{k=3} G_0(k). \end{aligned} \quad (7)$$

Приведённые примеры не только демонстрируют вероятностное позиционирование как способ определения вероятностей (условных и безусловных), но и обнаруживают свойство бинарной последовательности, которое состоит в том, что условная вероятность на очередном шаге *не зависит* от предшествующей бинарной конфигурации (точнее – от её части), а определяется только местом события (на очередном шаге) в соответствующей пачке нулей или единиц. Например, формула (7) теперь может быть записана в более общем виде путём добавления многоточия в начале бинарной конфигурации:

$$P(\dots 0111/1) = \sum_{k=4} G_0(k) / \sum_{k=3} G_0(k).$$

Вообще, любое событие в рамках бинарной последовательности обладает ресурсом. Сама последовательность тоже имеет ресурс, который равен  $M_0 + M_1$ . Событие «0» имеет ресурс  $M_0$ , событие «11» –  $M_1(2)$  (обозначение см. в [2]), событие «101» обладает ресурсом, равным  $G_0(1)$ , а например событие «1000» имеет ресурс  $\sum_{k=3} G_0(k)$ , и т. д.

Ресурсное представление событий даёт возможность в дополнение к [1] сформулировать ещё одно очередное определение вероятности события: вероятность события есть отношение ресурсов. Для безусловной вероятности – отношение ресурса события к ресурсу бинарной последовательности; для условных вероятностей – отношение между ресурсами событий.

Пояснением к данному определению служат следующие примеры.

Безусловная вероятность  $P(0)$  определяется отношением ресурса события «0», равного  $M_0$ , к ресурсу бинарной последовательности, равного  $M_0 + M_1$ :

$$P(0) = M_0 / (M_0 + M_1).$$

Безусловная вероятность  $P(101)$  определяется отношением ресурса события «101», равного  $G_0(1)$ , к ресурсу бинарной последовательности, равного  $M_0 + M_1$ :

$$P(0) = G_0(1) / (M_0 + M_1).$$

Условная вероятность  $P(0111/0)$  определяется отношением ресурса события «01110», равного  $G_1(3)$ , к ресурсу события «0111», равного  $\sum_{k=3} G_0(k)$ :

$$P(0111/0) = G_1(3) / \sum_{k=3} G_0(k).$$

И последнее. Ответим на вопрос: сколько потребуется сделать шагов после входа в последовательность, чтобы встретить, допустим, единицу?

Исходим из того, что вход в последовательность происходит путём отсчёта одной позиции. Если полученный нуль оказался крайним в пачке (вероятность  $1/M_0$ ), то на следующем шаге получим единицу. Если нуль позиционируется на второй позиции от края пачки (вероятность  $\sum_{k=2} G_0(k) / M_0$ ), то для получения единицы потребуется два шага. Если нуль позиционируется на третьей позиции от края пачки (вероятность  $\sum_{k=3} G_0(k) / M_0$ ), то – три шага, и т. д. Тогда среднее количество шагов для получения единицы составит:

$$\begin{aligned} & \frac{1}{M_0} + 2 \frac{\sum_{k=2} G_0(k)}{M_0} + 3 \frac{\sum_{k=3} G_0(k)}{M_0} + 4 \frac{\sum_{k=4} G_0(k)}{M_0} = \\ & = \frac{\sum_{k=1} M_0(k)}{M_0} = 1 + P(0/0) + P(00/0) + P(000/0). \end{aligned}$$

#### Список используемых источников

1. Медведев В. А. Модели бинарной последовательности // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. IV Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. Т. 1. СПб. : СПбГУТ, 2015. С. 538–542.

2. Медведев В. А. Вероятностные характеристики бинарной последовательности // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. V Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. Т. 2. СПб. : СПбГУТ, 2016. С. 137–140.

УДК 004.7:004.422.8

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПЛАНИРОВЩИКОВ ДЛЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

**И. В. Медведев, Л. К. Птицына**

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*Рассмотрены перспективные направления интеллектуализации геоинформационных систем. Выбрано направление совершенствования рациональных интеллектуальных геоинформационных систем. Описаны условия выбора систем планирования для рациональных интеллектуальных геоинформационных систем. Определены критерии выбора оптимальных планировщиков. Представлены альтернативные варианты постановки задачи выбора оптимальных планировщиков. Выделены формализации для*

*преодоления априорной неопределённости относительно зависимости критериев и показателей качества планировщиков. Предложена методика оптимизации планировщиков для интеллектуальных геоинформационных систем.*

*геоинформационная система, интеллектуализация, планирование, алгоритм, качество, оптимизация.*

На современном уровне развития научно-технологических достижений геоинформационная система превратилась в интеграционную среду картирования и анализа объектов реального мира и происходящих событий, позволяющую объединять и систематизировать потоки разнообразной информации, поступающей из различных служб.

Профиль проблемной области геоинформационной системы находится в непосредственной зависимости от характера решаемых в ней научных и прикладных задач, связанных с инвентаризацией ресурсов, анализом, оценкой, мониторингом, управлением и планированием, прогнозированием, поддержкой принятия решений.

Обширные возможности геоинформационных систем используются в различных областях деятельности, типичными из которых являются административно-территориальное управление, телекоммуникации, инженерные коммуникации, транспорт, нефтегазовый комплекс, безопасность жизнедеятельности, экология, лесное хозяйство, сельское хозяйство.

В контексте развития информационных инфраструктур особая роль отводится использованию геоинформационных систем при организации и сопровождении транковой и сотовой связи, стратегическом планировании телекоммуникационных сетей, выборе оптимального расположения антенн, ретрансляторов и других средств, определении маршрутов прокладки кабеля, мониторинге состояния сетей, оперативном диспетчерском управлении.

Все типичные области деятельности характеризуются высокой значимостью её результативности и качества для социума, поскольку они распространяются на сложнейшие техногенные системы, распределённые в обширном пространстве и предназначенные для массового применения и обслуживания. Представленными обстоятельствами предопределяется объективная необходимость снижения влияния человеческого фактора на результативность и качество деятельности в среде геоинформационной системы. Перспективное направление, ориентированное на подобное снижение, базируется на интеллектуализации геоинформационной системы [1].

Основа интеллектуализации любой системы, в том числе и геоинформационной, базируется на введении в их архитектуру подсистем искусственного интеллекта, относящихся к одной из следующих категорий [2]: подсистема с воспроизведением мыслительных процессов; подсистема с воспроизведением рациональных рассуждений; подсистемы реализации

функций, требующих интеллектуальности при выполнении людьми; подсистемы реализации рациональных действий.

Согласно концептуальным моделям современных геоинформационных систем высший уровень архитектурных решений ассоциируется в интеллектуальном контексте, в первую очередь, с подсистемой реализации рациональных действий. При включении подсистемы планирования действий в архитектуру геоинформационной системы появляются новые функциональные возможности, обусловленные рациональностью.

Исходя из целеполагания успешной деятельности в среде рациональной геоинформационной системы, в качестве опорного направления интеллектуализации выбирается планирование деятельности для достижения необходимых целей при решении задачи проблемной области.

Характерной особенностью любой реальной геоинформационной системы является присутствие высокой степени неопределённости, вызванное неполнотой доступной информации, невозможностью исчерпывающего учёта всех нюансов состояний окружающей среды, ограниченностью знания о возможных ситуациях и обстоятельствах, вероятностной природой наблюдаемых процессов.

При описанной характерной особенности нелинейные методы планирования отличаются общепризнанными преимуществами по сравнению с линейными методами планирования в части, прежде всего, функциональных возможностей. В связи с этим для создания подсистем планирования действий в среде геоинформационной системы предлагается использование алгоритмов нелинейного планирования. При существующем разнообразии алгоритмов нелинейного планирования, а, следовательно, и их свойств и качества [3], актуализируется оптимизация планировщиков для геоинформационных систем.

В контексте выполняемой деятельности каждое действие  $D_i$  системы описывается с помощью множества предусловий и постусловий:

$$D_i = \langle \mathbf{PREC}_{D_i}, \mathbf{POST}_{D_i} \rangle,$$

где  $\mathbf{PREC}_{D_i}$  – множество предусловий действия  $D_i$ ;  $\mathbf{POST}_{D_i}$  – множество постусловий действия  $D_i$ .

Отличительной особенностью представления множеств предусловий и постусловий действий в среде геоинформационной системы является симбиоз пространственного и атрибутивного описаний.

В соответствии с содержанием методов нелинейного планирования план решения задачи в среде геоинформационной системы формируется путём трансформации частичного плана, который формально описывается кортежем

$$\langle T, ST, C \rangle,$$

где  $T$  – множество шагов плана;  $ST$  – отображение шагов плана на множество базовых действий;  $C$  – множество ограничений, отображаемое на временное, пространственное и атрибутивное описания.

Возможные критерии выбора конструируются с применением универсальных и специфических показателей качества алгоритмов планирования действий. При этом учитываются масштабы пространства, в котором будет выполняться деятельность, особенности проблемной области и значимость различных свойств алгоритмов.

При разработке формализаций выбора предусматривается рассмотрение альтернативных вариантов постановки задачи оптимизации планировщиков. Альтернативные варианты в пределах фиксированной проблемной области различаются по критериям и системам ограничений.

Для преодоления априорной неопределённости относительно связи показателей качества алгоритмов нелинейного планирования и параметров, характеризующих масштабы пространства, в котором будет выполняться деятельность, и особенности проблемной области, могут применяться методы регрессионного анализа и (или) методы нейронных сетей. При одновременном использовании методов, относящихся к двум обозначенным категориям, повышается степень объективной убедительности выбора.

Для преодоления априорной неопределённости относительно поведения показателей выбирается постановка задачи  $\varepsilon$ -оптимизации.

В предлагаемую методику оптимизации планировщиков для интеллектуальных геоинформационных систем включаются следующие этапы деятельности:

1. Представление деятельности определённой проблемной области в среде геоинформационной системы в виде частичных планов на множестве допустимых действий.

2. Описание каждого действия  $D_i$  в среде геоинформационной системы с помощью множества предусловий и постусловий.

3. Формирование базиса алгоритмов нелинейного планирования.

4. Параметризация проблемной области деятельности в контексте возможных действий, представленных частичных планов и сформированного базиса алгоритмов нелинейного планирования.

5. Формирование множества показателей качества алгоритмов планирования.

Во множество включаются как универсальные, так и специфические показатели качества алгоритмов планирования.

6. Формирование критерия оптимизация планировщика и системы ограничений, учитывающих временное, пространственное и атрибутивное описания предусловий и постусловий возможных действий.

7. Выбор вида регрессионной модели и (или) нейросетевой модели.
8. Решение задачи оптимизации с применением регрессионной и или нейросетевой модели.
9. Определение оптимального алгоритма нелинейного планирования по результату решения задачи оптимизации с применением регрессионной и или нейросетевой модели.

Предложенная методика характеризуется обширными возможностями маневрирования для разработчиков интеллектуальных геоинформационных в части определения видов деятельности, выделения множеств допустимых действий и условий их выполнения, способов и видов их описания, формирования базиса алгоритмов планирования, формирования базиса показателей их качества, приоритетности каждого из выделяемых показателей качества алгоритмов планирования, формирования критерия оптимизация планировщика и системы ограничений, определения видов и параметров регрессионной и (или) нейросетевой модели. В силу подобного многообразия функциональных возможностей подсистема планирования действий может позиционироваться как системообразующая составляющая экспертной подсистемы, входящей в архитектуру интеллектуальной геоинформационной системы.

#### Список используемых источников

1. Медведев И. В., Птицына Л. К. Перспективные подходы к интеллектуализации геоинформационных систем // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. V Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. в 3 т.; Т. 2 / под ред. С. В. Бачевского. СПб. : СПбГУТ, 2016. С. 140–143.
2. Птицына Л. К. Методологическое профилирование интеллектуализации информационных инфраструктур // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. V Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. в 3 т.; Т.1 / под ред. С. В. Бачевского. СПб. : СПбГУТ, 2016. С. 31–34.
3. Птицына Л. К., Добрецов С. В. Интеллектуальные технологии и представление знаний. Планирование действий интеллектуальных агентов в информационных сетях : учеб. пособие. СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2005. 155 с. ISBN 5-7422-1101-5.

УДК 621.396.4

## АНАЛИЗ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ СВОЙСТВ СОВРЕМЕННЫХ ЦЕНТРОВ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ В ИНТЕРЕСАХ ФОРМУЛИРОВКИ СИСТЕМЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ОБСЛУЖИВАНИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ

**Н. В. Михайличенко, И. Б. Парашук, Л. А. Саяркин, В. В. Ткаченко**

Военная академия связи имени Маршала Советского Союза С. М. Буденного

*В статье рассматривается методологический подход к поиску и обоснованию состава системы показателей качества обслуживания пользователей центров обработки данных, как множества, описывающего внешние (пользовательские) свойства современных систем хранения информации. Предлагаемый подход основан на том, что синтез оптимальной системы показателей, подлежащих наблюдению, оцениванию и прогнозированию в интересах управления центрами обработки данных, осуществляется с учетом всего объема и номенклатуры услуг, которые должны быть предоставлены пользователю (определенного уровня иерархии). Вследствие этого повышается достоверность контроля состояния ЦОД и обоснованность принимаемых решений по управлению параметрами и режимами его работы.*

*качество, эффективность, показатель, управление, центр обработки данных, пользователь.*

Получившие широкое распространение в последние годы современные центры обработки информации (ЦОД), зачастую называемые дата-центрами, составляют техническую основу «облачных» технологий и, являясь принципиально новыми, мультисервисными системами, должны обеспечивать одновременное представление множества разнообразных услуг по удаленной обработке и хранению данных с требуемым качеством, оперативно и безопасно выполнять запросы пользователей и оптимально использовать ресурс хранения (дисковое пространство) и обработки (вычислительные мощности) [1, 2, 3].

Для анализа качества и эффективности функционирования ЦОД в интересах оптимального управления ими, принято использовать системы (множества, пространства) показателей качества (ПК), причем, как и для обычных телекоммуникационных систем, традиционно рассматривают локальные системы показателей качества (СПК) более низкого уровня иерархии, которые характеризуют внутренние свойства системы, и глобальную СПК, описывающую внешние, пользовательские свойства ЦОД.

Это обусловлено реально существующим доминирующим значением одного процесса, протекающего в ЦОД – процесса обслуживания пользователей, над другими процессами – обработки и хранения данных, процессом управления параметрами и режимами ЦОД, процессом мониторинга их состояния.

Основными внешними, пользовательскими свойствами ЦОД, характеризующими качество обслуживания – степень удовлетворения пользователя предоставляемым ему обслуживанием, можно, на наш взгляд, считать: обеспеченность обслуживания пользователей (абонентов) ЦОД; удобство использования (прозрачность) услуг; действенность обслуживания, включающая доступность – временную доступность (своевременность) и топологическую доступность, непрерывность, целостность (достоверность); безопасность всего перечня услуг по хранению и обработке данных, оказываемых, потребителю определенного уровня иерархии. Формальная завись вектора ПК, характеризующего качество обслуживания через внешние, пользовательские свойства ЦОД, и включающего вектора показателей обеспеченности, удобства использования, действенности и безопасности, представлена с помощью выражения:

$$\vec{Y}_{\text{ко ЦОД}} = [\vec{Y}_{\text{обесп}} ; \vec{Y}_{\text{уд исп}} ; \vec{Y}_{\text{действ}} ; \vec{Y}_{\text{безоп}}]^T. \quad (1)$$

При этом векторный ПК обеспеченности обслуживания, входящий в выражение (1), должен, на наш взгляд, количественно характеризовать объем и номенклатуру предоставляемых пользователю (определенного уровня иерархии) услуг ЦОД. Данный вектор характеризует возможность ЦОД предоставлять пользователям такое количество определенного вида услуг (из всего допустимого множества видов услуг, предоставляемых ЦОД), которое соответствует потребностям абонентов ЦОД и задачам дата-центра в конкретный момент времени [2, 4].

$$\vec{Y}_{\text{обесп}} = [N_{\text{тех}} ; N_{\text{реал}} ; N_{\text{пот}}]^T,$$

где  $N_{\text{тех}}$  – количество услуг различного вида, предоставляемых пользователю в конкретный момент времени и характеризующих технические возможности ЦОД с точки зрения обеспеченности (техническая обеспеченность) – способность дата-центра образовать ресурс предоставляемых услуг без учета мешающих воздействий (среда, противник);  $N_{\text{реал}}$  – количество услуг различного вида, предоставляемых пользователю и характеризующих реальную способность ЦОД образовать ресурс предоставляемых услуг в конкретных условиях обстановки, когда имеют место воздействия различного рода, уменьшающие исходные технические возможности дата-центра по предоставлению услуг (реальная обеспеченность);  $N_{\text{пот}}$  – количество

услуг различного вида, предоставляемых пользователю с учетом дополнительного резерва услуг, спланированного в интересах оперативного управления для восстановления части утраченного ресурса услуг и характеризующих потенциальную обеспеченность пользователей в услугах ЦОД.

Вектор показателей удобства использования услуг ЦОД, входящий в выражение (1), должен, на наш взгляд, количественно характеризовать, насколько успешно и легко потребитель может воспользоваться данными услугами дата-центра.

Удобство использования услуг (обслуживания) зависит от трудоемкости выполняемых пользователем операций в процессе доступа и пользования полученной услугой и может быть описано с помощью объема команд (знаний) пользователя, необходимых для получения услуг  $V_{\text{ком}}$  и объема вводимой информации (знаков)  $V_{\text{зн}}$  с клавиатуры терминала в процессе доступа к ЦОД и пользования услугами

$$\vec{Y}_{\text{уд исп}} = [V_{\text{ком}} ; V_{\text{зн}}]^T.$$

Значение этих параметров должно быть минимальным. Помимо этого, при описании удобства обслуживания с точки зрения минимизации знаний потребителя о месте расположения программных и аппаратных ресурсов ЦОД, о синтаксисе команд, о форматах пакетов технологий обработки и хранения данных и т. д., можно и нужно говорить о прозрачности ЦОД, которая достигается в том случае, когда система хранения представляется пользователям не как множество отдельных дисков, связанных между собой сложной системой интерфейсов и кабелей, а как единое технико-технологическое устройство (единое дисковое пространство) с системой разделения времени. Прозрачность означает, что пользователь для работы с удаленными ресурсами ЦОД использует те же команды и привычные ему процедуры, что и для работы с локальными ресурсами хранения и обработки данных.

Одним из внешних, пользовательских свойств ЦОД, характеризующих степень удовлетворения пользователя предоставляемым ему обслуживанием, можно считать действенность обслуживания пользователей. Этот термин имеет множество толкований, предлагаем считать, что действенность обслуживания пользователей ЦОД – векторный показатель, включающий доступность (временную доступность (своевременность) и топологическую доступность), непрерывность предоставляемого обслуживания и целостность (достоверность) предоставления услуг

$$\vec{Y}_{\text{действ}} = [\vec{Y}_{\text{дост обл}} ; \vec{Y}_{\text{непр обл}} ; \vec{Y}_{\text{цел}}]^T. \quad (2)$$

Иными словами, векторный ПК действенности обслуживания пользователей является одним из важнейших в структуре показателей качества обслуживания, а входящие в него показатели призваны количественно описывать способность (свойство) ЦОД: предоставлять услуги пользователям тогда, когда это им необходимо; в необходимом пользователям месте; и в течение требуемого времени (продолжительность предоставления услуг) с требуемым качеством (достоверность и целостность предоставления услуг).

При этом векторный ПК доступности обслуживания, входящий в выражение (2), включает элементы, которые характеризуют свойство обслуживания быть предоставленным пользователю ЦОД тогда и там, когда и где это ему необходимо. Он включает временную компоненту (когда, своевременность) и топологическую компоненту (где).

$$\vec{Y}_{\text{дост обл}} = [\vec{Y}_{\text{врем дост}} ; \vec{Y}_{\text{топ дост}}]^T. \quad (3)$$

Причем векторный показатель качества, входящий в выражение (3) и характеризующий внешнее (пользовательское) свойство – временную доступность (своевременность предоставления услуг) ЦОД, может содержать параметры (показатели), описывающие среднее время доступа к услугам, среднее время ожидания предоставления услуг, интенсивность и отказов в обслуживании:

$$\vec{Y}_{\text{врем дост}} = (\bar{t}_{\text{дост}}^{\text{усл}} ; \bar{t}_{\text{ож}}^{\text{усл}} ; \lambda_{\text{отк обл}})^T.$$

Вектор показателей топологической доступности к услугам ЦОД, входящий в выражение (3), количественно характеризуют способность дата-центра обеспечивать доступ абонентов (включая подвижных пользователей, работающих на основе радиосигнала со смартфонами и электронными планшетами) к ресурсам ЦОД и предоставление им требуемого перечня услуг в установленном месте их нахождения и при смене местонахождения абонента (при перемещении пользователя):

$$\vec{Y}_{\text{топ дост}} = (R_3 ; L_{\text{удал}})^T,$$

где  $R_3$  – радиус общей зоны охвата радиосигналом многосотовой (зонтичной) структуры, в пределах которого пользователь ЦОД может иметь радиодоступ к обслуживанию с заданным качеством;  $L_{\text{удал}}$  – удаление пользователя (мобильного терминала) от ЦОД.

Элементы вектора показателей непрерывности обслуживания пользователей ЦОД, входящего в выражение (2), характеризуют свойство обслуживания, будучи предоставленным, продолжаться в течение требуемого времени

$$\vec{Y}_{\text{непр обл}} = (t_{\text{непр ру}} ; K_{\text{непр обл}})^T,$$

где  $t_{\text{непр ру}}$  – время непрерывной (бесперебойной) реализации услуг;  $K_{\text{непр обл}}$  – коэффициент непрерывности обслуживания, представляющий собой отношение среднего времени непрерывной реализации услуг ЦОД к общему времени реализации дата-центром услуг в интересах пользователей (времени функционирования ЦОД), причем, данный коэффициент должен стремиться к единице.

Показатели, входящие в вектор показателей целостности обслуживания пользователей ЦОД, численно характеризуют точность, достоверность и полноту обслуживания, описываемые с помощью коэффициента потерь достоверности (коэффициента ошибок)  $K_{\text{п дост}}$ , а также защищенность обслуживания (обрабатываемой и хранимой информации) от возможных непреднамеренных и злоумышленных искажений, описываемых с помощью  $K_{\text{иск}}$  – коэффициента искажений (пакетов, блоков данных и т. п.). Физический смысл данного коэффициента – отношение количества искаженных данных к общему числу обрабатываемых и хранимых в ЦОД данных:

$$\vec{Y}_{\text{цел}} = (K_{\text{п дост}}; K_{\text{иск}})^T.$$

Вектор показателей безопасности обслуживания пользователей ЦОД, входящий в выражение (1), характеризует свойство дата-центра обеспечивать состояние защищенности структуры и содержания информации, обрабатываемой и хранимой в ЦОД, от внутренних или внешних угроз, а также способность ЦОД обеспечивать сокрытие факта и места обслуживания. Речь идет о способности ЦОД обеспечивать разведзащищенность и имитостойкость процесса обслуживания пользователей ЦОД.

В качестве элементов вектора показателей безопасности обслуживания ЦОД могут выступать показатели скрытности, например, время вскрытия процесса обслуживания пользователей ЦОД  $t_{\text{вскр обл}}$  и показатели защищенности процесса обслуживания, например, коэффициент скрытности  $K_{\text{скр}}$  информации, хранимой и циркулирующей в ЦОД, и имеющий смысл обратный риску компрометации (рассекречивания) информации пользователей ЦОД:

$$\vec{Y}_{\text{безоп}} = (t_{\text{вскр обл}}; K_{\text{скр}})^T.$$

Таким образом, подводя итоги процесса формулировки компонент вектора показателей качества обслуживания пользователей ЦОД, отметим, что он, по нашему мнению, должен содержать (1) четыре ключевые составляющие – вектор показателей обеспеченности обслуживания пользователей ЦОД; вектор показателей удобства использования услуг; вектор показателей действенности обслуживания (2) и вектор показателей безопасности всего перечня услуг по хранению и обработке данных.

Использование оценочных значений синтезированных элементов рассмотренных векторов ПК для анализа качества и эффективности функционирования ЦОД в интересах оптимального управления ими, позволит повысить достоверность контроля состояния ЦОД и обоснованность принимаемых решений по управлению параметрами и режимами их работы.

#### Список используемых источников

1. Михайличенко Н. В. Сравнительный анализ технологий построения региональных центров обработки данных // Юбилейная XV-ая Санкт-Петербургская международная конференция «Региональная информатика 2016». СПб.: СПОИСУ, 2016. С. 102–103.
2. Трикоз А. С. Строим ЦОД: рекомендации заказчика // ЦОДы РФ. Проектирование, строительство, эксплуатация. 2015. № 11. С. 37–44.
3. Международный стандарт TIA/EIA-942. Telecommunications Infrastructure Standard for Data Center (Телекоммуникационная инфраструктура для Центров Обработки Данных) Стандарт ANSI. 2005.
4. Кусакин Д. Г. Строим ЦОД: проектируем ЦОД // ЦОДы РФ. Проектирование, строительство, эксплуатация. 2015 № 9. С. 53–59.

УДК 004.7

## ФОРМАЛИЗАЦИИ ОПИСАНИЙ СЕРВИС-ОРИЕНТИРОВАННЫХ СИСТЕМ С ТЕМПОРАЛЬНОЙ ЛОГИКОЙ

**В. В. Нежинский, Л. К. Птицына**

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*Приведены основания для развития исследований сервис-ориентированных систем с темпоральной логикой. Выделены направления развития формализаций для анализа сервис-ориентированных систем с темпоральной логикой. Построена иерархия задач подобного анализа. Рассмотрены формализмы для описания свойств сервис-ориентированных систем с темпоральной логикой. Представлена последовательность этапов формирования описания свойств сервис-ориентированных систем с темпоральной логикой. Описаны особенности построения спецификации в терминах STL логики. Приведены формулы для описания сервис-ориентированных систем с темпоральной логикой. Выявлены преимущества формальных спецификаций для верификации сервис-ориентированных систем с темпоральной логикой.*

*сервис-ориентированные системы, сервис-ориентированная архитектура, спецификация, математическая модель, верификация, темпоральная логика, STL логика.*

Одним из важнейших системообразующих компонентов информационных инфраструктур является программное обеспечение. С расширением состава сегментов профессиональной деятельности, погружаемых в информационные инфраструктуры, повышается спрос на качественное программное обеспечение.

Повышение качества программного обеспечения становится одним из основных приоритетов развития индустрии информации. В условиях жёсткой конкуренции компаний IT-сферы придаётся огромное значение ускорению процессов разработки новых сложных программных систем. При подобных обстоятельствах наблюдается повышенный интерес к сервис-ориентированным архитектурам.

Системы, основанные на сервис-ориентированной архитектуре (*Service-Oriented Architecture* – SOA), очень часто разрабатываются компаниями, производящими многокомпонентное сложное программное обеспечение.

Согласно концепции сервис-ориентированной архитектуры, новые программные системы создаются с помощью комбинаций слабосвязанных сервисов, взаимодействующих друг с другом посредством интерфейса. Популярность сервис-ориентированных систем объясняется, в первую очередь, тем, что могут использоваться готовые сервисы и обеспечивается независимость интерфейса от платформы и от языка программирования.

Параллельно с совершенствованием технологической основы разработки сервис-ориентированных систем осуществляется и развитие методологических аспектов научных исследований, посвящённых определению и анализу их качества [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7].

Несмотря на обширность тематики научных исследований, связанных с жизненным циклом сервис-ориентированных систем, вопросы их формальной верификации не принимаются во внимание при разработке методологии проектирования. Отмеченная особенность может являться одной из причин сокращения области применения сервис-ориентированных систем, поскольку для многих предметных областей позиционируется обязательность верификации. Например, при создании систем с первым классом информационной защищённости требуется проведение верификации.

В связи с этим предлагается развитие системы формализаций методологии проектирования сервис-ориентированных систем посредством введения процедур их формальной верификации.

Согласно [8] верификация модели реализуется в три этапа:

- построение математической модели;
- представление проверяемых свойств в виде спецификации;
- формальное доказательство наличия или отсутствия проверяемого свойства и всех свойств в совокупности.

Математическая модель системы для верификации формируется в виде графа, вершинам графа ставятся в соответствии состояния системы (ситуации или классы ситуаций, в которых может находиться система в различные моменты времени), а ребрам графа – действия, которые может выполнить система.

Спецификация определяется как описание свойств системы в виде формального текста. Она представляется в формальном виде, зависящем от характера логики. В случае применения одной из самых известных логик CTL (*Computational Tree Logic*) спецификация записывается в терминах предикатов с использованием темпоральной логики.

Зависимость между свойствами отдельных сервисов и свойствами всей системы определяется следующим выражением:

$$\bigcup_{i=1}^N (\text{свойство } i \text{ – го сервиса}) \rightarrow (\text{все свойства системы}).$$

В арсенал формализаций CTL логики включается система переходов. Системой перехода  $S$  называется пятерка, вида:

$$S = (P, Q, \delta, L, Q^0),$$

где  $P$  – множество, элементами которого являются утверждения;  $Q$  – множество состояний системы перехода  $S$ ;  $\delta$  – бинарное отношение на  $Q$  т. е.:

$$\delta \subseteq Q \times Q;$$

$L$  (оценка) – функция

$$L: Q \times P \rightarrow \{0, 1\},$$

которая каждым  $q \in Q$  и  $p \in P$  ставит в соответствие 1, если утверждение  $p$  в состоянии  $q$  истинно, и 0, если утверждение  $p$  в состоянии  $q$  ложно;  $Q^0 \subseteq Q$  – множество начальных состояний.

Система переходов изображается в виде ориентированного графа, вершинами которого являются состояния и для каждой пары  $(q', q) \in \delta$  граф содержит ребро из  $q'$  в  $q$ .

Для каждого состояния  $q \in Q$  полагается  $\delta(q) = \{q' \in Q \mid (q, q') \in \delta\}$ . Путем в системе перехода является последовательность  $\pi = (q_0, q_1, \dots)$ , такая, что для  $q_{i+1} \in \delta(q_i)$  для любого  $i$ .

Пусть  $S = (P, Q, \delta, L, Q^0)$  – система перехода. Для любого состояния  $q \in Q$  и любой CTL-формулы  $\varphi$  значением формулы  $q(\varphi)$  в состоянии  $q$  является булева константа 1 или 0, которая определяется индуктивно:

1. если  $\varphi = p \in P$ , то  $q(\varphi)$  уже определено в  $S$ .
2.  $q(1) \stackrel{\text{def}}{=} 1$ ,  $q(0) \stackrel{\text{def}}{=} 0$ .
- 3.

$$- \overline{q(\varphi)} \stackrel{\text{def}}{=} \overline{q(\varphi)}$$

- $q(\varphi \wedge \eta) \stackrel{\text{def}}{=} q(\varphi) \wedge q(\eta)$
- $q(\varphi \vee \eta) \stackrel{\text{def}}{=} q(\varphi) \vee q(\eta)$ .

В формулах СТЛ логики применяются кванторы пути и темпоральных операторов. Существует два квантора пути: А – квантор всеобщности, указывающий на то, что свойство выполнено для всех путей; Е – квантор существования, указывающий на то, что свойство выполнено для некоторого пути. Как правило, рассматриваются два темпоральных оператора: G – унарный оператор, указывающий на то, что свойство выполняется для любого состояния; F – унарный оператор, указывающий на то, что свойство выполняется при некотором состоянии. В рассматриваемой логике определяются СТЛ-операторы:

$$EF(\psi(q)) = 1,$$

если существует путь  $\pi$  из  $q$  и существует состояние  $q' \in \pi$  такое, что

$$\psi(q') = 1;$$

$$AG(\psi(q)) = 1,$$

если для каждого пути  $\pi$  из  $q$  и для каждого состояния  $q' \in \pi$  имеет место:

$$\psi(q') = 1.$$

В случае доказательства наличия всех проверяемых свойств сервис-ориентированная система будет признаваться пригодной для дальнейшего исследования, в процессе которого определяются и оцениваются показатели качества её функционирования.

Посредством формальной верификации расширяется методологический базис проектирования сервис-ориентированных систем с требуемыми свойствами и качеством их функционирования.

#### Список используемых источников

1. Птицына Л. К., Смирнов Н. Г. Разработка и анализ моделей интеграции сервис-ориентированных средств в гетерогенных сетях // Научно-технические ведомости СПбГПУ 6.1 (138). 2011. С. 71–80.
2. Птицына Л. К. Смирнов Н. Г. Программное обеспечение компьютерных сетей. Управление крупно-гранулярными процессами на основе языка BPEL: учеб. пособие. СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2011. 105 с.
2. Птицына Л. К., Смирнов Н. Г. Системно-аналитическая основа интеграции сервис-ориентированных средств // Промышленные АСУ и контроллеры. 2011. № 5. С. 31–36.
3. Птицына Л. К., Веселов В. О. Анализ интеграции сервис-ориентированных средств в активных инфокоммуникационных средах // Научно-технические ведомости СПбГПУ 6.1 (138). 2011. С. 71–80.
4. Веселов В. О., Птицына Л. К. Моделирование интеграции сервис-ориентированных средств в активных инфокоммуникационных средах // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. IV Международная научно-техническая конференция. 2011. С. 10–13.

и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. в 2 т.; Т. 1 / под ред. С. В. Бачевского. СПб. : СПбГУТ, 2015. С. 465–470.

5. Птицына Л. К., Кондратьев Д. А., Эльсабаяр Шевченко Н. Моделирование интеллектуальных сервис-ориентированных систем // Информационные системы и технологии в моделировании и управлении: материалы всероссийской научно-практической конференции. Гуманитарно-педагогическая академия (филиал) ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского» в г. Ялте; Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ», 2016. С. 57–60.

6. Кондратьев Д. А., Птицына Л. К., Эльсабаяр Шевченко Н. Концептуальные модели интеллектуализации сервис-ориентированных архитектур // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. V Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. в 3 т.; Т. 2 / под ред. С. В. Бачевского. СПб. : СПбГУТ, 2016. С. 108–113.

7. Миронов А. М. Верификация программ методом Model Checking [Электронный ресурс]. URL: <http://intsys.msu.ru/staff/mironov/modelchk.pdf> (дата обращения 10.02.2017).

УДК 004.4'232

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ GUI ДЛЯ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ

**П. И. Никитин, В. А. Рогачев**

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*В статье был проведен сравнительный анализ GUI для разработки системы компьютерного зрения, такие как – Qt, Nano-x, Gtk, wxWidgets. В ходе сравнения рассмотрены основные критерии средств разработки графического интерфейса, представлены структуры каждого из графических интерфейсов. Основным критерием выбора GUI является характеристика ресурсопотребления программного обеспечения, написанного с использованием исследуемых средств построения графических интерфейсов пользователя. Целью анализа является выявить наименее ресурсозатратный графический интерфейс для разработки компьютерного зрения.*

*информационные технологии, программирование, графический интерфейс пользователя, разработка программного обеспечения, средства разработки.*

В наше время информационные технологии участвуют и непрерывно развиваются во всех отраслях нашей жизни. Многие компании и частные лица используют видеонаблюдение для контроля над помещениями. Со временем в сферу видеонаблюдения проникли и информационные технологии, в частности компьютерное зрение дало большой рывок в данной сфере

расширив видеонаблюдение дополнительными средствами контроля и обработки видеоданных. На сегодняшний день в комплект системы видеонаблюдения зачастую входит детектор движения, задымления, перегрева, смещения, пожара, что реализуется с помощью программных средств.

В рассматриваемую систему компьютерного зрения входит видеокамеры, с которых транслируются видеоданные на компьютер, на котором с помощью программного обеспечения они обрабатываются и выводятся на экран. В данном докладе хотелось бы затронуть важную часть разработки системы компьютерного зрения, а именно выбор среды разработки графического интерфейса для нашей системы, так как это та часть системы, с которой больше всего придется иметь дело пользователю. Задача программиста сделать это взаимодействие наиболее

Использование таких кроссплатформенных библиотек как GTK+, wxWidgets, Qt или Nano X дает значительные преимущества при создании собственного графического приложения. Например, значительно сокращается время разработки, нет необходимости дублирования обыкновенных вещей, что позволяет программисту сосредоточиться на реализации уникальных функций проекта. Для пользователей, такие преимущества означают великолепную совместимость всех их приложений: где бы инструментарий не работал, там же будут работать приложения. Такая переносимость возможна за счет того, что используется набор совместимых средств и вещи, созданные с помощью этих средств, могут использоваться всеми, кто использует библиотеку, вне зависимости от того, где они ее используют.

Существует достаточно большое количество сред для разработки графического интерфейса пользователя. Довольно часто случается, что выбором одной библиотеки и работе с ней всю жизнь невозможно, так как во время работы над ПО программист сталкивается с разными задачами разработки. Важно знать достоинства и недостатки каждой из сред. Данный анализ позволит разобрать основные особенности основных сред разработки графического интерфейса пользователя и на основе этого сделать вывод о достоинствах и недостатках каждой GUI. Остается только один вопрос: какой инструментарий использовать?

Qt – это кроссплатформенный фреймворк для разработки ПО на языке программирования C++ (и не только). Данный фреймворк полностью объектно-ориентированная, кросс-платформенная. Основные аспекты данного фреймворка представлены в [1]. В настоящее время Qt фреймворк активно развивается. Имеет интуитивно понятное API, огромную документацию с большим количеством примеров, мощнейшую среду разработки QtCreator и дополнительный инструментарий. К сожалению, у него есть и недостатки – большой вес приложений и библиотек.

GTK+ – это библиотека (точнее, это набор сильно связанных между собой библиотек), которая позволяет создавать программы с графическим интерфейсом. GTK+ написан на языке Си, однако, несмотря на это является объектно-ориентированным. Внутри GTK+ состоит из двух компонентов: GTK, который содержит набор виджетов (кнопка, метка и т. д.) и GDK, который занят выводом результата на экран. Внешний вид приложений может меняться программистом и/или пользователем. По-умолчанию приложения выглядят нативно, т. е. так же, как и другие приложения в этой системе. Кроме того, начиная с версии 3.0, можно менять внешний вид элементов с помощью CSS. GTK+ не имеет стандартного холста. Существует GnomeCanvas, но он не очень популярен и в нем нет некоторых ключевых возможностей. Многие разработчики прибегают к помощи Cairo, когда речь идет о произвольной графике, но в Cairo отсутствует способ прорисовки элементов GUI. Есть еще несколько кандидатов для GTKCanvas и все они не лишены серьезных недостатков.

wxWidgets (ранее известная как *wxWindows*) – кроссплатформенная библиотека инструментов с открытым исходным кодом для разработки кроссплатформенных на уровне исходного кода приложений. Описание данного инструментария представлен в [2] Основным применением wxWidgets является построение графического интерфейса пользователя, однако библиотека включает большое количество других функций и используется для создания весьма разнообразного ПО. Приложения обычно показывают пользователю окна со стандартными элементами управления, изображениями и графиками – эти стандартные интерфейсные функции легко реализуются при использовании wxWidgets и отходят на второй план, позволяя программисту сосредоточить свои усилия на функциональности приложения. Такие развитые средства библиотеки позволяют писать программы на базе единого API и компилировать на множестве компьютерных платформ с минимальными изменениями в исходном коде. Библиотека написана на C++, но может подключаться ко множеству других распространённых языков. Основным недостатком является достаточно большой размер библиотек и приложений.

Проект Nano-X – это проект с открытым кодом, доступный в соответствии с лицензиями MPL/GPL. Он предоставляет простой, но мощный встраиваемый графический программный интерфейс. Основные достоинства Nano-X, перечислены ниже.

– Вся библиотека занимает менее 100 Кб и использует только от 50 до 250 Кб рабочей памяти.

– Архитектура Nano-X позволяет добавлять различные типы устройств отображения, мышей, сенсорных экранов и клавиатур.

– Nano-X реализует два популярных API: интерфейс на основе Microsoft Windows и X-lib, известный как API Nano-X. Это сокращает время изучения API.

– Обеспечивает настраиваемую архитектуру и выбор компонентов. Например, можно почти мгновенно добавить или убрать поддержку любого изображения или библиотеки шрифтов.

Microwindows архитектура клиент / сервер на базе и имеет слоистую конструкцию. На самом низком уровне находятся драйверы экрана и устройств ввода (как для клавиатуры или мыши), чтобы взаимодействовать с реальным оборудованием. На среднем уровне, портативный графический движок обеспечивает поддержку линии рисует, область заполняет, многоугольники, вырезку и цветовые модели. Недостатками является слабая реализация сетевых функций, слабая поддержка среди пользователей и разработчиков, проект почти не развивается.

В ходе сравнения можно сказать, что если во время создания ПО разработчик не ограничен мощностями компьютера для которого пишется GUI, то Qt идеально подходит как среда разработки, так как представляет собой действительно мощную экосистему для создания ПО. Однако, зачастую заказчики желают сэкономить практически на всем, так что может случиться проблема с мощностями компьютера. В такой ситуации наиболее выгодно выглядит Nano X, простота которого позволяет не загружать лишнюю программу.

#### **Список используемых источников**

1. Шлее М. Qt 5.3. Профессиональное программирование на C++. 2015. 928 с. ISBN 978-5-9775-3346-1.
2. Smart J., Hock K. Cross-Platform GUI Programming with wxWidgets. 2005. 697 p. ISBN 0-13-147381-6.

УДК 004.7:004.422.8

## МЕТОДОЛОГИЯ ГЕНЕРАЦИИ МОДЕЛЬНО-АНАЛИТИЧЕСКОГО ИНТЕЛЛЕКТА СЕРВИС-ОРИЕНТИРОВАННЫХ СИСТЕМ С ГАРАНТИЯМИ КАЧЕСТВА

Л. К. Птицына

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*Выделены перспективные направления интеллектуализации сервис-ориентированных систем. Описаны особенности априорной неопределённости относительно ситуаций в средах информационных инфраструктур. Представлен технологический базис сервис-ориентированных систем. Учтён выбор критериев и показателей качества функционирования сервис-ориентированных систем. Рассмотрена концепция генерации модельно-аналитического интеллекта сервис-ориентированных систем в условиях ситуационной неопределённости. Предусмотрена методика формирования расширенных объектно-ориентированных моделей интеграции сервисов при априорной неопределённости описаний сред информационных инфраструктур. Дана характеристика методам аналитического моделирования распределённых сервис-ориентированных систем. Введены типовые профили распределённых сервис-ориентированных систем с булевой и темпоральной логикой интеграции задействованных средств. Выявлены преимущества модельно-аналитического интеллекта сервис-ориентированных систем.*

*сервис, интеграция сервисов, сервис-ориентированная система, модельно-аналитический интеллект, генерация.*

В XXI веке подавляющий объём работ наукоёмкой профессиональной деятельности по всем отраслям экономики осуществляется в средах информационных инфраструктур. По мере развития информационных инфраструктур отчётливо проявляется высокая степень влияния их сред на результативность и качество профессиональной деятельности. В подобных условиях наблюдается возрастание заинтересованности ведущих компаний IT-индустрии в создании сервис-ориентированных систем, позволяющих не только непрерывно сопровождать инновационную деятельность, но и обеспечивать устойчивую конкурентоспособность за счёт оперативного реагирования на изменение экономических условий выполнения профессиональной деятельности, обновление технологического базиса информационных инфраструктур и расширение возможностей фундаментальных исследований в области инфокоммуникационных и вычислительных технологий. Большая часть исследований концентрируется на технологических аспектах программирования сервисов и их сборки. Задачи управления

качеством создаваемых сервис-ориентированных систем решаются эвристическими приёмами и распространяются на отдельные приложения, создаваемые под заказ. Несогласованность количества и качества сервис-ориентированных систем, априорная неопределённость относительно ситуаций, возникающих в средах информационных инфраструктур, может проявиться (и проявляется) в появлении новых проблем негативного характера для различных современных отраслей профессиональной деятельности, прежде всего связанных с безопасностью жизнедеятельности. Наряду с этим, акценты производителей ИТ-индустрии на гарантиях качества сервис-ориентированных систем будут являться новым стимулом роста их востребованности в наукоемких отраслях профессиональной деятельности. Одно из перспективных направлений управления качеством сервис-ориентированных систем основывается на их интеллектуализации.

В связи с этим актуализируется проблема обеспечения модельно-аналитическим интеллектом гарантий качества функционирования распределённых сервис-ориентированных систем при априорной неопределённости ситуаций, возникающих в средах информационных инфраструктур. Для разрешения представленной проблемы предлагается методология генерации модельно-аналитического интеллекта сервис-ориентированных систем с гарантиями качества их функционирования в активных средах информационных инфраструктур.

Содержание предлагаемой методологии представляется следующим кортежем:

$$M_{SOA} = \langle \mathbf{PAR}, \mathbf{E}, \mathbf{M}_{EOM}, \mathbf{M}_{EOMA}, \mathbf{CR}, \mathbf{IQ}, \mathbf{EOM}, \mathbf{A}_{EOM}, \mathbf{EOMA}, \mathbf{A}_{EOMA} \rangle,$$

где  $\mathbf{PAR}$  – множество принципов организации сервис-ориентированных систем, описанное в [1, 2, 3];  $\mathbf{E}$  – множество параметров, характеризующее окружающую среду для сервис-ориентированных систем;  $\mathbf{M}_{EOM}$  – методика построения расширенной объектно-ориентированной модели сервис-ориентированной системы, функционирующей в пассивной среде;  $\mathbf{M}_{EOMA}$  – методика построения расширенной объектно-ориентированной модели сервис-ориентированной системы, функционирующей в активной среде;  $\mathbf{CR}$  – множество критериев качества функционирования сервис-ориентированных систем;  $\mathbf{IQ}$  – множество показателей качества функционирования сервис-ориентированных систем;  $\mathbf{EOM}$  – множество типовых моделей сервис-ориентированных систем в пассивных средах;  $\mathbf{A}_{EOM}$  – множество методов анализа моделей сервис-ориентированных систем в пассивных средах;  $\mathbf{EOMA}$  – множество типовых моделей сервис-ориентированных систем в активных средах;  $\mathbf{A}_{EOMA}$  – множество методов анализа моделей сервис-ориентированных систем в активных средах.

Характерные особенности априорной неопределённости относительно ситуаций в средах информационных инфраструктур отражаются на уровне

представлений механизмов синхронизации и характера воздействий со стороны окружающей среды на функционирование сервис-ориентированной системы [4, 5]. Технологический базис сервис-ориентированных систем образуется посредством интеграции технологий разработки распределённых систем. Методика выбора критериев и показателей качества функционирования сервис-ориентированных систем ориентируется на разноплановые профили требований в контексте стохастической природы процессов их функционирования.

Концепция генерации модельно-аналитического интеллекта сервис-ориентированных систем в условиях ситуационной априорной неопределённости базируется на описании условий построения и анализа расширенных объектно-ориентированных моделей сервис-ориентированных систем. В рамках этой концепции предусматривается подключение методики формирования расширенных объектно-ориентированных моделей интеграции сервисов при априорной неопределённости описаний сред информационных инфраструктур. Основные приёмы этой методики раскрываются в [4, 5].

С помощью методов аналитического моделирования распределённых сервис-ориентированных систем предусматривается определение выбираемых показателей качества их функционирования. Предлагаемые методы распространяются на процессы формирования разнообразных профилей качества функционирования интеллектуальных распределённых сервис-ориентированных систем, построения систем взаимосвязанных моделей их поведения в пассивных и активных информационных инфраструктурах, выбора формализаций для анализа объектов модельного пространства, генерации модельно-аналитического интеллекта, определения регламентов соблюдения требуемых гарантий качества в выбранной прикладной области.

В типовых профилях распределённых сервис-ориентированных систем учитывается булева и темпоральная логика интеграции задействованных средств. Интеллектуальный профиль распределённых сервис-ориентированных систем базируется на выбираемом сочетании формализаций теории искусственного интеллекта, теории планирования действий, теории вычислительных агентов и теории искусственных нейронных. Выбор сочетаний формализаций осуществляется в зависимости от выявляемых функциональных возможностей и оцениваемых характеристик, связанных с обеспечением гарантий качества функционирования распределённых сервис-ориентированных систем в пассивных и активных информационных инфраструктурах. В [6] описываются основные приёмы приложения теории планирования действий к организации сервис-ориентированных систем.

Описанная концепция генерации модельно-аналитического интеллекта распределённых сервис-ориентированных систем с гарантиями качества их функционирования в средах информационных инфраструктур открывает

новые возможности для ускорения темпов инновационного развития наукоёмких отраслей профессиональной деятельности.

Система разработанных методов сочетания формализаций теории искусственного интеллекта, теории планирования действий и теории вычислительных систем расширяет теоретические представления знаний о функциональных возможностях интеллектуальных распределённых систем.

#### Список используемых источников

1. Птицына Л. К., Смирнов Н. Г. Программное обеспечение компьютерных сетей. Управление крупно-гранулярными процессами на основе языка BPEL : учебное пособие. СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2011. 105 с. ISBN 978-5-7422-2951-3.

2. Птицына Л. К., Смирнов Н. Г. Разработка и анализ моделей интеграции сервис-ориентированных средств в гетерогенных сетях // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика. Телекоммуникации. Управление. 2011. Т. 6–1. № 138. С. 71–80.

2. Птицына Л. К., Смирнов Н. Г. Системно-аналитическая основа интеграции сервис-ориентированных средств // Промышленные АСУ и контроллеры. 2011. № 5. С. 31–36.

3. Птицына Л. К., Веселов В. О. Анализ интеграции сервис-ориентированных средств в активных инфокоммуникационных средах // Наукоёмкие технологии в космических исследованиях Земли. N&ES RESEARCH. 2015. № 2. С. 42–47.

4. Птицына Л. К., Веселов В. О. Моделирование интеграции сервис-ориентированных средств в активных инфокоммуникационных средах // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. IV Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. / под ред. К. В. Дукельского. СПб. : СПбГУТ, 2015. С. 464–470.

5. Птицына Л. К., Кондратьев Д. А., Эльсабаяр Шевченко Н. Моделирование интеллектуальных сервис-ориентированных систем // Информационные системы и технологии в моделировании и управлении: материалы всероссийской науч.-практ. конф., Ялта, 23 – 24 мая 2016 г.: // Гуманитарно-педагогическая академия (филиал) ФГ АОУ ВО «КФУ им. В. И. Вернадского» в г. Ялте. Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина). Ялта, 2016. С. 57–60.

УДК 004.7:004.422.8

## МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ МОДЕЛИ СЕРВИС-ОРИЕНТИРОВАННЫХ СИСТЕМ С ТЕМПОРАЛЬНОЙ ЛОГИКОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ СЕРВИСОВ

Л. К. Птицына, П. В. Смирнова

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*Обоснована актуальность темпоральной логики синхронизации во взаимодействии компонентов сервис-ориентированных систем. Представлены основные принципы формирования описания механизмов темпоральной логики синхронизации. Введено параметрическое пространство описаний механизмов. Описано назначение моделей сервис-ориентированных систем. Выбраны вид и класс моделей для представления процессов функционирования сервис-ориентированных систем с темпоральной логикой синхронизации сервисов. Раскрыты приёмы расширения выбранного класса моделей. Рассмотрены способы получения информации об особенностях архитектуры сервис-ориентированных систем. Предложена методика формирования модели сервис-ориентированных систем с темпоральной логикой синхронизации сервисов.*

*сервис, интеграция, синхронизация, темпоральная логика, модель, класс моделей.*

Благодаря повышению темпов развития наукоёмких отраслей экономики расширяются области востребованности сервис-ориентированных систем. Наиболее ярко указанная особенность проявляется в тех секторах отраслей, в которых обеспечивается предоставление и выполнение on-line услуг для широкого круга клиентов.

По мере накопления опыта по созданию и сопровождению сервис-ориентированных систем отчётливо прослеживается тенденция к расширению их функциональных возможностей и охвату всё большего разнообразия учитываемых реальных ситуаций в окружающей среде и количества задействованных ресурсов, необходимых для поддержки высокого качества выполняемых работ и услуг. При этом степень распределённости задействованных ресурсов в пространстве варьируется от локальной до глобальной. Распределённость ресурсов в пространстве становится одним из основных источников формирования асинхронных развёрток во времени процессов выполнения отдельных сервисов, входящих в состав сервис-ориентированной системы. Помимо технологических причин асинхронности наблюдаются и ситуационные причины, связанные с характером предметной деятельности, для которой используется сервис-ориентированная система,

и основным назначением каждой конкретной системы. Помимо этого, при наличии ситуационных причин накладываются ещё и условия соблюдения временного регламента по логической увязке ряда сервисов системы согласно реализуемым схемам анализа событий и методам комплексирования ресурсов, участвующих в обработке данных, информации и знаний. Ситуационные причины являются неотъемлемым звеном жизненного цикла сервис-ориентированных систем, предназначенных для применения в информационно-управляющих комплексах; системах контроля, диагностирования и мониторинга; центрах коллективного пользования высокопроизводительными системами; многофункциональных центрах; управлении производством; управлении воздушным транспортом; банковской деятельности; электронной коммерции; управлении бизнес-процессами; здравоохранении и других приложениях, где фактор времени оказывает существенное или решающее значение для производства, бизнеса, надежности и живучести артефактов, а также жизнедеятельности или жизни людей. В связи с этим требуется теоретическое обоснование для определения эффекта от темпоральной логики синхронизации во взаимодействии компонентов сервис-ориентированных систем.

Операционная основа для теоретического обоснования закладывается при моделировании сервис-ориентированных систем. При этом принимаются во внимание те результаты исследований, которые обеспечивают выход на определение количественной меры качества сервис-ориентированных систем при отсутствии ограничений на прикладные аспекты их использования на практике. Подобная направленность исследований, прежде всего, прослеживается в работах, посвящённых аналитическому определению показателей качества сервис-ориентированных систем [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7]. Однако, несмотря на разнообразие концепций интеграции сервисов в рассматриваемых системах, предусматриваемых при разработке их моделей, вопросы, связанные с учётом темпоральной синхронизации компонентов, остаются открытыми.

Формирование модели сервис-ориентированной системы с темпоральной логикой синхронизации осуществляется согласно следующим принципам:

- временная развёртка событий, соответствующих окончанию выполнения сервисов, имеет асинхронный характер;
- каждый сервис имеет определённый временной регламент ожидания окончания других сервисов из группы, объединяемых в соответствии с темпоральной логикой синхронизации;
- сервисы из группы, объединяемых в соответствии с темпоральной логикой синхронизации, выполняются параллельно.

Предлагаемая методика построения модели сервис-ориентированной системы с темпоральной логикой синхронизации представляется следующими этапами работы:

1. Определение вида деятельности, выполняемой сервис-ориентированной системой.
2. Представление множества действий  $\mathbf{D}$  ( $|\mathbf{D}|=I$ ), реализуемых сервисами.
3. Характеристика каждого действия  $d_i, i=0,1,2,\dots,I$  плотностью вероятности  $u_i(k_i), k_i=1,2,\dots,K_i$ , удовлетворяющей условию:

$$\sum_{k_i=1}^{K_i} u_i(k_i) = 1, i = 0,1,2,\dots,I,$$

где  $k_i$  – дискретное время выполнения  $i$ -го действия,  $K_i$  – верхняя граница дискретного времени выполнения  $i$ -го действия,  $i$  – номер некоторого действия;  $I$  – общее число действий.

4. Выделение потока управления из узлов координации действий сервисов.

5. Описание каждого альтернативного варианта всех узлов решения соответствующей вероятностью  $p_{j,l}, j=1,2,\dots,J; l=1,2,\dots,L_j$  с обязательным выполнением условия:

$$\sum_{l=1}^{L_j} p_{j,l} = 1, j = 1,2,\dots,J, \quad (1)$$

где  $j$  – номер узла решения;  $L_j$  – число альтернативных вариантов поведения после решения  $j$ ,  $J$  – число узлов решения;  $p_{j,l}, j=1,2,\dots,J; l=1,2,\dots,L_j$  вероятности выбора альтернативных вариантов поведения в ходе деятельности, которые удовлетворяют условию полной группы несовместных событий.

Вероятности альтернатив оцениваются системой мониторинга или аналитическим образом посредством оценки вероятности событий, связанных с выполнением действий сервисов. Если подобный сценарий невозможен, то вероятности альтернатив рассматриваются как варьируемые параметры, значения которых принадлежат интервалу  $[0,1]$  при соблюдении условия (1).

6. Формирование матрицы инцидентности для узлов разъединения и узлов соединения  $\mathbf{A}$  размера  $(n \times n)$ , где  $n$  – общее число узлов разъединения и узлов соединения;  $a_{i,j} = 0$ , если узлы не связаны через узлы действий;  $a_{i,j} = 1$ ,

если  $j$ -му узлу предшествуют узлы действий, следующие в последовательности узлов после  $i$ -ого узла;  $a_{i,j} = -1$ , если узлы действий, предшествующие  $i$ -му узлу, следуют после  $j$ -го узла.

7. Описание спецификаций узлов объединений параллельных действий с применением функций  $\wedge, \vee$ , « $M$  из  $N$ », характеризующих взаимодействие сервисов.

8. Представление спецификаций узлов, соответствующих механизмам с темпоральной логикой синхронизации объединяемых сервисов:

$$R_l = 1, \quad l = 1, 2, \dots, L, \quad k_{e,1,2,\dots,N} = \max_n \{k_{e,1}, k_{e,2}, \dots, k_{e,n}, \dots, k_{e,N}\},$$

$$\text{если } k_{e,1} = \min_n \{k_{e,1}, k_{e,2}, \dots, k_{e,n}, \dots, k_{e,N}\},$$

$$k_{e,2} - k_{e,1} \leq M_1,$$

$$k_{e,3} - k_{e,1} \leq M_1,$$

.....,

$$k_{e,n} - k_{e,1} \leq M_1,$$

.....,

$$k_{e,N} - k_{e,1} \leq M_1,$$

$$\text{или если } k_{e,2} = \min_n \{k_{e,1}, k_{e,2}, \dots, k_{e,n}, \dots, k_{e,N}\},$$

$$k_{e,1} - k_{e,2} \leq M_2,$$

$$k_{e,3} - k_{e,2} \leq M_2,$$

.....,

$$k_{e,n} - k_{e,2} \leq M_2,$$

.....,

$$k_{e,N} - k_{e,2} \leq M_2,$$

.....,

$$\text{или если } k_{e,N} = \min_n \{k_{e,1}, k_{e,2}, \dots, k_{e,n}, \dots, k_{e,N}\},$$

$$k_{e,1} - k_{e,N} \leq M_N,$$

$$k_{e,3} - k_{e,N} \leq M_N,$$

.....,

$$k_{e,n} - k_{e,N} \leq M_N,$$

.....,

$$k_{e,N-1} - k_{e,N} \leq M_N,$$

где  $l$  – номер механизма синхронизации с темпоральной логикой;  $L$  – число механизмов синхронизации с темпоральной логикой;  $N$  – число объединяемых сервисов в соответствии с текущим механизмом синхронизации с темпоральной логикой;  $M_n, n = 1, 2, \dots, N$  – допустимое для  $n$ -ого сервиса дискретное время ожидания окончания выполнения других сервисов из группы объединяемых. Если не соблюдается временной регламент на ожидание, то сервис реализуется заново.  $k_{e,n}, n = 1, 2, \dots, N$  – дискретное время окончания выполнения  $n$ -ого сервиса;  $k_{e,1,2,\dots,n,\dots,N}, n = 1, 2, \dots, N$  – дискретное время окончания выполнения  $N$  сервисов, объединяемых в соответствии с текущим механизмом синхронизации с темпоральной логикой;  $R_l = 1$  – признак окончания выполнения  $N$  сервисов, объединяемых в соответствии с текущим механизмом синхронизации с темпоральной логикой.

Предложенная методика расширяет функциональные возможности проектирования сервис-ориентированных систем.

#### Список используемых источников

1. Птицына Л. К., Смирнов Н. Г. Разработка и анализ моделей интеграции сервис-ориентированных средств в гетерогенных сетях // Научно-технические ведомости СПбГПУ 6.1 (138). 2011. С. 71–80.
2. Птицына Л. К., Смирнов Н. Г. Программное обеспечение компьютерных сетей. Управление крупно-гранулярными процессами на основе языка BPEL: учеб. пособие. СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2011. 105 с.
2. Птицына Л. К., Смирнов Н. Г. Системно-аналитическая основа интеграции сервис-ориентированных средств // Промышленные АСУ и контроллеры. 2011. № 5. С. 31–36.
3. Птицына Л. К., Веселов В. О. Анализ интеграции сервис-ориентированных средств в активных инфокоммуникационных средах // Научно-технические исследования Земли. 2015. Т. 7. № 2. С. 42–47.
4. Веселов В. О., Птицына Л. К. Моделирование интеграции сервис-ориентированных средств в активных инфокоммуникационных средах // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. IV Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. в 2 т.; Т.1 / под ред. К. В. Дукельского. СПб. : СПбГУТ, 2015. С. 465–470.
5. Птицына Л. К., Кондратьев Д. А., Эльсабаяр Шевченко Н. Моделирование интеллектуальных сервис-ориентированных систем // Информационные системы и технологии в моделировании и управлении: материалы всероссийской научно-практической конференции. Гуманитарно-педагогическая академия (филиал) ФГАОУ ВО «КФУ им. В. И. Вернадского» в г. Ялте; Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ», 2016. С. 57–60.

6. Кондратьев Д. А., Птицына Л. К., Эльсабаяр Шевченко Н. Концептуальные модели интеллектуализации сервис-ориентированных архитектур // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. V Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. в 3 т.; Т.2 / под ред. С. В. Бачевского. СПб. : СПбГУТ 2016. С. 108–113.

УДК 004.7:004.422.8

## ВАРИАЦИИ В ФОРМАЛИЗАЦИЯХ ОПИСАНИЙ АКТИВНЫХ СРЕД ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ МУЛЬТИАГЕНТНЫХ СИСТЕМ

**Л. К. Птицына, С. В. Хроменков**

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*Приведены основания для актуальности исследований поведения интеллектуальных мультиагентных систем в активных средах. Описаны ключевые принципы различных подходов к отражению активности окружающих сред при функционировании интеллектуальных мультиагентных систем. Представлены взаимосвязи архитектуры интеллектуальных мультиагентных систем и активности окружающих сред. Сформулированы требования к описанию активных сред интеллектуальных мультиагентных систем. Обоснован выбор вида и класса формальных описаний активных сред интеллектуальных мультиагентных систем. Раскрыто содержание вариаций в формализациях описаний активных сред. Учтены архитектурные особенности интеллектуальных мультиагентных систем при формировании формализаций описаний активных сред.*

*интеллектуальный компьютерный агент, мультиагентная система, активная среда, объектно-ориентированная модель, расширенная модель.*

Непрерывное расширение, усложнение и совершенствование информационных инфраструктур, повышение их значимости в развитии профессиональной деятельности, корпораций, районов, регионов, государств и социума является одной из основных причин повышения востребованности интеллектуальных агентных технологий. Указанная тенденция успешно поддерживается непрерывным ростом знаний в области теоретических основ жизненного цикла интеллектуальных компьютерных агентов. Для эффективной организации работы интеллектуальных агентов в крупномасштабных гетерогенных сетях внедряются теоретически обоснованные адаптивные системы планирования, способные функционировать в динамичном окружении при неполноте знаний о предметной области. До недавнего времени теоретические исследования распространялись лишь на пассивные

среды. Однако реальные условия функционирования сетей значительно шире тех допущений, которые связаны с пассивностью. К примеру, функционирование систем управления сетями непосредственно сказывается на доступности, надёжности, производительности и защищённости. Отмеченная особенность проявляется в характеристиках действий, выполняемых агентами, что должно отражаться на качестве их работы. Помимо рассмотренных обстоятельств интеллектуальные компьютерные агенты кооперируются в системы, взаимодействуя друг с другом. Мультиагентность является источником дополнительных условий, не позволяющих игнорировать активность среды.

Постепенное формирование знаний, представляющих формальный подход к определению влияния активной среды на качество функционирования интеллектуальных компьютерных агентов раскрывается в [1, 2]. Предлагаемые в этих работах формализации ориентируются на функциональные спецификации проактивных и гибридных агентов.

Отличительной особенностью проактивных агентов является работа с моделью среды, выбор целей и способность генерировать и исполнять план действий, направленный на достижение выбранных целей. Гибридные агенты также характеризуются отмеченными особенностями и, в дополнение к этому, наделяются свойствами реактивных агентов, в поведении которых предусматривается выполнение предопределённого набора действий в зависимости от текущего состояния среды. В соответствии с типовыми функциональными спецификациями подобного рода агентов формируются и анализируются их объектно-ориентированные модели. Однако по мере расширения масштабов информационных инфраструктур отчётливо проявляется объективная необходимость применения распределённых субагентных систем. Закономерности, касающиеся влияния активности среды на распределённые субагентные системы, остаются не выясненными.

В предлагаемых расширениях формального объектно-ориентированного подхода к определению влияния активности среды на качество интеллектуальных компьютерных агентов учитываются типовые принципы организации, распределённой субагентной архитектуры. В распределённую субагентную архитектуру вводится система управления знаниями и система-планировщик. В системе управления знаниями выполняется обработка информации, поступающей от субагентов, определяется текущее состояние среды, формируются цели и генерируются частичные планы, передаваемые системе-планировщику. Система-планировщик предназначена для выбора программы планирования из заложенного базиса альтернативных вариантов. Система-планировщик может создаваться по типу экспертной системы. При выборе оптимального варианта планирования жизненный цикл системы-планировщика может разворачиваться согласно

методологии, раскрытой в [3]. При этом обеспечивается вариативность целевой функции оптимизации.

Вводимые расширения опираются на использование в качестве образующего элемента объектно-ориентированной модели отдельного интеллектуального компьютерного агента, описанной в [1].

Расширенная объектно-ориентированная модель распределённой суб-агентной архитектуры описывается кортежем:

$$\mathbf{OOM - MIA} = \left\langle \begin{array}{l} \mathbf{OOM}(\mathbf{OOM} - \mathbf{IA}_1, \mathbf{OOM} - \mathbf{IA}_2, \dots, \mathbf{OOM} - \mathbf{IA}_n, \dots, \\ \mathbf{OOM} - \mathbf{IA}_N, \mathbf{OOM} - \mathbf{C}_1, \mathbf{OOM} - \mathbf{C}_2, \dots, \\ \mathbf{OOM} - \mathbf{C}_n, \dots, \mathbf{OOM} - \mathbf{C}_N, \mathbf{OOM} - \mathbf{C}_{SCK}, \\ \mathbf{OOM} - \mathbf{C}_P, \mathbf{OOM} - \mathbf{SCK}, \mathbf{OOM} - \mathbf{P}, \mathbf{OOM} - \mathbf{AE}) \end{array} \right\rangle,$$

где  $\mathbf{OOM} - \mathbf{IA}_n$ ,  $n = 1, 2, \dots, N$  – расширенная объектно-ориентированная модель  $n$ -ого интеллектуального компьютерного агента;  $\mathbf{OOM} - \mathbf{C}_n$ ,  $n = 1, 2, \dots, N$  – расширенная объектно-ориентированная модель коммуникаций  $n$ -ого интеллектуального компьютерного агента;  $\mathbf{OOM} - \mathbf{SCK}$  – расширенная объектно-ориентированная модель системы управления знаниями;  $\mathbf{OOM} - \mathbf{P}$  – расширенная объектно-ориентированная модель планировщика;  $\mathbf{OOM} - \mathbf{AE}$  – расширенная объектно-ориентированная модель активности среды;  $\mathbf{OOM} - \mathbf{C}_{SCK}$  – расширенная объектно-ориентированная модель коммуникаций системы управления знаниями;  $\mathbf{OOM} - \mathbf{C}_P$  – расширенная объектно-ориентированная модель коммуникаций планировщика.

Расширения в части объектно-ориентированных моделей относятся к представлению статистических свойств выполняемых действий, вероятностных параметров потоков управления и функциональных спецификаций объединений параллельных и распределённых действий.

Приведённая модельная канва позиционируется как основа для детализации методологических аспектов моделирования распределённых суб-агентных систем.

#### Список используемых источников

1. Лебедева А. А., Птицына Л. К., Хроменков С. В. Расширение модельного пространства агентных технологий // Труды учебных заведений связи. 2016. Т. 2. № 3. С. 45–50.
2. Птицына Л. К., Лебедева А. А., Белов М. П. Формирование модельно-аналитического интеллекта для реактивных инфокоммуникационных сред // Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям. 2016. Т.1. № Секции 1–3. С. 324–326.
3. Птицына Л. К., Добрецов С. В. Интеллектуальные технологии и представление знаний. Планирование действий интеллектуальных агентов в информационных сетях : учеб. пособие. СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2005. 155 с. ISBN 5-7422-1101-5.

УДК 004.7:004.422.8

## ВЫБОР МЕТОДОВ МАРШРУТИЗАЦИИ ДЛЯ МУЛЬТИСЕРВИСНЫХ СЕТЕЙ

Л. К. Птицына, Д. В. Черношей

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*Описана значимость мультисервисных сетей для развития информационных инфраструктур профессиональной деятельности. Систематизировано представление методов маршрутизации в мультисервисных сетях. Сформирован базис методов маршрутизации для мультисервисных сетей. Предложена система показателей и критериев выбора методов маршрутизации с учётом качества функционирования мультисервисных сетей. Разработана концепция формирования исходной информации для решения задачи выбора. Представлены формализации для формирования исходной информации. Раскрыто содержание математического аппарата формализаций. Обоснован состав необходимых средств для выбора методов маршрутизации в мультисервисных сетях с учётом качества их функционирования.*

*мультисервисная сеть, маршрутизация, метод, показатели качества, критерии, выбор.*

Развитие мультисервисных сетей является одной из важнейших задач формирования технологического уклада для экономики знания. На основе мультисервисных сетей разворачиваются научно-образовательно-производственные среды, ускоряющие внедрение высокоэффективных информационных технологий в сферы науки, образования, производства, бизнеса, медицины и культуры.

Межсетевое взаимодействие обеспечивается маршрутизацией, осуществляемой в соответствии с определёнными методами, выбранными при проектировании сетей. С позиций маршрутизации рассматриваемые сети относятся к интернетам, чем объясняется определённая концептуальная систематизация представлений методов маршрутизации в мультисервисных сетях. При систематизации различаются методы внутренней и внешней маршрутизации. Согласно систематизации в базис методов маршрутизации вводятся методы внутренней и внешней маршрутизации.

Для выбора методов маршрутизации в мультисервисных сетях формируется система показателей, включающая две группы показателей. К первой группе относятся показатели собственно маршрутизации, а ко второй показатели качества мультисервисных сетей и показатели качества сервис-ориентированных систем, реализуемых в мультисервисных сетях. Известные результаты анализа методов маршрутизации ограничиваются либо исследо-

ваниями первой группы показателей, либо показателей качества мульти-сервисных сетей [1, 2], в то время как клиентов научно-образовательно-производственных сред, прежде всего, интересуют показатели качества сервис-ориентированных систем.

С помощью показателей первой группы отражается качество выбираемого маршрута, а с помощью показателей второй группы отслеживается влияние характеристик выбранного маршрута на качество мультисервисных сетей и сервис-ориентированных систем.

Критерии выбора строятся в соответствии с теорией исследования операций, предусматривающей оперирование различными показателями согласно типовым схемам достижения цели в зависимости от различных условий предпочтения и компромисса.

Показатели обеих групп находятся в непосредственной зависимости от объема, характера и достоверности исходной и маршрутной информации. Подобная зависимость является основной причиной необходимости разработки концепции формирования исходной информации для решения задачи выбора.

Предлагаемая концепция основывается на следующих положениях:

- в состав исходной информации включается информация о затратах на альтернативных маршрутах в сетевой инфраструктуре, необходимая для определения оптимального маршрута;

- к исходной информации относятся стоимость, пропускная способность каналов, задержки в каналах, текущая загрузка каналов, информация об ошибках достижения, информация о топологии сети и её изменении;

- исходная информация может быть как фиксированной, так и вычисляемой.

По мере увеличения размера и скорости мультисервисных сетей проявляется предпочтительность использования маршрутизации по состоянию канала и маршрутно-векторной маршрутизации. При таких маршрутизациях применяется гибкая схема метрик. При маршрутизации по состоянию канала метрики формируются в соответствии с концепцией типа сервиса (TOS – *Type Of Service*). При этом различается пять категорий сервисов: TOS-0 – Normal – Нормальная; TOS-2 – Minimize Monetary Cost – Минимальная стоимость в денежном исчислении; TOS-4 – Maximize Reliability – Максимальная надёжность; TOS-8 – Maximize Throughput – Максимальная пропускная способность; TOS-16 – Minimize Delay – Минимальная задержка.

Для каждой категории сервиса предусматривается задание метрики. Альтернативой задания метрики является её формальное определение исходя из текущего реального состояния канала. Каждым маршрутизатором может строиться до пяти маршрутных таблиц. Каждому типу сервиса ставится в соответствие определённая маршрутная таблица.

В условиях темпоральных предпочтений используется категория TOS-16. Предлагаемый формальный вариант определения метрики TOS-16 базируется на математическом аппарате конечных цепей Маркова. При таком подходе метрика, соответствующая категории TOS-16, определяется как  $t_1$  (первый элемент вектора  $\mathbf{t}$ ) математическое ожидание времени задержки, вычисляемое по формулам:

$$\mathbf{T} = (\mathbf{E} - \mathbf{C})^{-1},$$

$$\mathbf{t} = \mathbf{T}\mathbf{e},$$

где  $\mathbf{E}$  –  $(M \times M)$  – единичная матрица;  $\mathbf{C}$  –  $(M \times M)$  – матрица переходов между невозвратными состояниями 1, 2, ..., M процесса передачи через конкретный транзитный участок;  $\mathbf{T}$  –  $(M \times M)$  – матрица элементов  $T_{ij}$ ,  $i, j = 1, 2, \dots, M$ ;  $T_{ij}$  – математическое ожидание числа пребывания марковской цепи в состоянии с номером  $j$ , при условии, что исходным состоянием являлось состояние с номером  $i$ ;  $\mathbf{e}$  –  $(M \times 1)$  – единичный вектор столбец;  $\mathbf{t}$  –  $(M \times 1)$  – вектор столбец элементов  $t_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, M$ ;  $t_i$  – среднее время выполнения процесса передачи при  $i$ -ом исходном состоянии.

При таком подходе среднее время  $t_i$  выражается в условных единицах времени, кратных  $\Delta t$  длительности отдельных состояний процесса передачи через конкретный транзитный участок. Согласно теории конечных цепей Маркова матрица  $\mathbf{C}$  является отдельной составляющей  $\mathbf{P}$  матрицы переходов среди конечного множества возможных состояний процесса передачи через конкретный транзитный участок. Связь между этими матрицами выражается в виде следующего соотношения:

$$\mathbf{P} = \begin{bmatrix} \mathbf{C} & \mathbf{D} \\ \mathbf{O} & \mathbf{I} \end{bmatrix},$$

где  $\mathbf{D}$  – матрица переходов из множества непоглощающих состояний во множество поглощающих состояний;  $\mathbf{O}$  – нулевая матрица;  $\mathbf{I}$  – единичная квадратная матрица, размерность которой совпадает с числом поглощающих состояний.

В приведённой формализации процесс передачи через каждый конкретный транзитный участок представляется в конечном пространстве состояний. Для поддержки динамического режима в сети должны оцениваться вероятности переходов между состояниями процесса передачи. При предлагаемом формальном определении метрики, соответствующей категории TOS-16, учитывается стохастический характер процесса передачи информации и исключается субъективизм в маршрутизации. Запрашиваемая категория TOS-16 содержится дейтаграмме IP. При вычисляемом значении мет-

рики, соответствующей категории TOS-16, повышается степень адекватности представлений о реальных состояниях и качестве мультисервисной сети.

Для выбора методов маршрутизации в мультисервисных сетях в соответствии с критериями, которые формируются посредством оперирования с показателями, относящимися ко второй группе, требуется разработка новых формализаций. На новые формализации возлагаются следующие задачи:

- определение значимости априорных неточностей при использовании фиксированной исходной информации для маршрутизации;
- определение значимости вычисляемой исходной информации для маршрутизации;
- определение влияния вычисляемой исходной информации на качество мультисервисных сетей;
- определение влияния методов маршрутизации на качество сервис-ориентированных систем.

Для решения первых трёх задач, из числа перечисленных, целесообразно воспользоваться формализациями теории нечётких множеств. Для решения третьей задачи имеется математический задел, касающийся формального определения качества сервис-ориентированных систем [3,4, 5, 6].

В силу многообразия возможных критериев, значительного объёма априорной неопределённости, широкого спектра функциональных спецификаций сервис-ориентированных систем и предъявляемых к ним требований по качеству проявляется объективная потребность в проектировании и создании экспертной системы для выбора методов маршрутизации в мультисервисных сетях.

#### Список используемых источников

1. Буров А. А. Оценка надёжности функционирования сетевого элемента при потоковой маршрутизации // Телекоммуникации, 2009. № 6. С. 11–14.
2. Новиков С. Н., Буров А. А. Анализ влияния служебной информации методов маршрутизации на объём доступных сетевых ресурсов // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Информатика. Телекоммуникации. Управление. 2009. Т.4. № 82. С. 41–46.
2. Птицына Л. К., Смирнов Н. Г. Разработка и анализ моделей интеграции сервис-ориентированных средств в гетерогенных сетях // Научно-технические ведомости СПбГПУ. 2011. № 6.1 (138). С. 71–80.
3. Птицына Л. К., Смирнов Н. Г. Программное обеспечение компьютерных сетей. Управление крупно-гранулярными процессами на основе языка BPEL: учеб. пособие. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011. 105 с.
4. Птицына Л. К., Смирнов Н. Г. Системно-аналитическая основа интеграции сервис-ориентированных средств // Промышленные АСУ и контроллеры. 2011. № 5. С. 31–36.

5. Птицына Л. К., Веселов В. О. Анализ интеграции сервис-ориентированных средств в активных инфокоммуникационных средах // Научно-технические исследования Земли. 2015. Т. 7. № 2. С. 42–47.

УДК 004.52

## ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ АКУСТИЧЕСКИХ ИНТЕРФЕЙСОВ МУЛЬТИМЕДИЙНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Г. Г. Рогозинский, А. Д. Сотников

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*Большинство современных информационных систем сталкиваются с проблемой ограниченных возможностей восприятия пользователем значительных информационных потоков. Мультимедийные визуально-акустические и речевые человеко-машинные интерфейсы получают широкое применение в разнообразных технических системах, но создаются «творческим» путем, не имея систематизированного способа их описания и формулировки требований. В работе предлагается модель, позволяющая с единых позиций описывать значимые характеристики информационной системы, формулировать требования к интерфейсу и конструируемой акустической среде на основе известных технологий сонификации.*

*человеко-машинный интерфейс, модель, сонификация.*

В современной высокотехнологичной среде взаимодействие человека (оператора) с техническими системами становится все более сложным и многообразным, что создает большую нагрузку на оператора и приводит к ошибочным реакциям в контуре управления. В такой ситуации использование мультимедийных интерфейсов, распределяющих информационные потоки между органами оператора, отвечающими за восприятия различных типов сигналов, становится очевидным и востребованным. Спектр задач простирается от конструирования «чайника со свистком» до анализа многопараметрической структуры акустических полей и интерпретации их конкретных характеристик в разнообразных задачах акустической томографии или сейсмических измерений известных под обобщающим термином «сонификации». При этом использование неречевых синтезированных акустических сигналов позволяет рассчитывать на сокращение времени реакции оператора за счет использования биологических особенностей первичных акустико-аналитических отделов и структур головного мозга.

*Постановка задачи*

Проектирование эффективных интерфейсов взаимодействия в человеко-машинных системах требует разработки методов описания, анализа и конструирования представлений свойств и характеристик объектов и процессов в технических системах в форме акустических пространств с заданными требованиями к адекватности и точности представления.

*Модель и метод исследования*

В качестве фундаментальной основы для описания и анализа проблемы предлагается использовать модифицированную доменную модель инфокоммуникаций [1, 2, 3], позволяющую формально описать процессы информационного взаимодействия, обслуживаемые соответствующими интерфейсами участников процесса.

Модель предполагает разделение пространства взаимодействия на три взаимодействующих уровня (домена), каждый из которых связан с группами объектов общей природы – «физическими», «информационными» и «когнитивными» (рис.). Управление техническими объектами и системами предполагает формирование *решений* об управляющих воздействиях, изменяющих состояние системы в направлении роста значений целевой функции на основании *информационных представлений* о состоянии объекта. Перечисленные и выделенные выше элементы представляют сущности трех доменов – физического (ФД), информационного (ИД) и когнитивного (КД). На границах доменов реализуются соответствующие интерфейсы, позволяющие осуществлять информационное взаимодействие составляющих систему элементов. Каждый объект/субъект системы обладает конечным набором различных состояний, представляемых его собственным тезаурусом.

Так, для объекта  $A$  физического домена, обладающего множеством состояний тезауруса, существует множество информационных представлений  $\langle A \rangle^{\xi_A}$  в тезаурусе  $\xi_A$ , являющихся сущностями информационного домена. Информационное взаимодействие состоит в изменении состояния «объекта-приемника» (его тезауруса) в ответ на воздействие сигнала, сформированного в соответствии с изменением состояния «объекта-передатчика».

$$\langle A \rangle^{\xi_A} \xRightarrow{\text{Signal}} \langle \langle A \rangle^{\xi_A} \rangle^{\xi_B}. \quad (1)$$

Если учесть перенос «информации» между физическим, информационным и когнитивным доменами, то выражение (1) примет вид:

$$\langle A \rangle^{\xi_A} \xrightarrow{Q_1} \langle C \rangle^{\xi_C} \xrightarrow{Q_2} \left\langle \left\langle \langle A \rangle^{\xi_A} \right\rangle^{\xi_C} \right\rangle^{\xi_B}, \quad (2)$$

где  $Q_1, Q_2$  – преобразования представлений объекта ФД при формировании сигнала, его трансформациях в процессе передачи и приема;  $\xi_C, \xi_B$  – тезаурусы сигнала и приемника соответственно.

Записав более подробно, а именно:

$$\langle A \rangle^{\xi_A} \xrightarrow{Q^{\xi_A \xi_S}} \left\langle \left\langle \langle A \rangle^{\xi_A} \right\rangle^{\xi_S} \right\rangle \xrightarrow{Q^{\xi_S \xi_U}} \left[ \left\langle \left\langle \langle A \rangle^{\xi_A} \right\rangle^{\xi_U} \right\rangle \right], \quad (3)$$

можно отметить, что на границах доменов происходит операция «переноса информации» между сущностями разных доменов, выражаемая в операциях нахождения максимального соответствия между элементами тезаурусов объектов  $\xi_A, \xi_B, \xi_U$  соответственно.

В формальной нотации элементарное информационное взаимодействие описывается как

$$\left\langle \left\langle A_n \right\rangle^{\xi_{A_n}} \right\rangle^{\xi_{C^m}} \xrightarrow{Q_{22}^{\xi_{C^m} \xi_{C^k}}} \left\langle \left\langle A_n \right\rangle^{\xi_{A_n}} \right\rangle^{\xi_{C^k}}, \quad (4)$$

где  $A_n$  – сущности когнитивного или физического доменов;  $\xi_{A_n}$  – тезаурус (множество различных состояний) сущности  $A$ ;  $Q$  – операция преобразования представления (образа) сущности  $A_n$  в тезаурус наблюдателя  $C_k$ .

В более общем случае процесс информационного взаимодействия в системе, состоящей из нескольких информационных источников (сущностей когнитивного и физического доменов) и нескольких получателей информации будет описываться выражением:

$$\left[ \left\langle \left\langle \left\langle A_n \right\rangle^{\xi_{A_n}} \right\rangle_{n=1, \dots, N} \right\rangle^{\xi_{C^m}} \right] \xleftarrow[Q_{21}]{Q_{12}^{\xi_{C^m} \xi_{C^k}}} \left[ \left\langle \left\langle \left\langle A_n \right\rangle^{\xi_{A_n}} \right\rangle_{n=1, \dots, N} \right\rangle^{\xi_{C^k}} \right]_{m=1, \dots, M}^{k=1, \dots, K}, \quad (5)$$

где  $A_n$  – объект физического домена;  $C_n^m$  –  $n$ -й информационный объект (элемент тезауруса системы);  $\xi_{C_n^m}$  – тезаурус  $m$ -й информационной системы;  $\left\langle A_n \right\rangle^{\xi_{A_n}}$  – одно из множества возможных представление объекта  $A_n$ ,

$Q_{12}^{\xi C^m \xi C^k}$  → – прямое (и аналогичное обратное) преобразование тезаурусов систем, представленных в соседних доменах при трансляции информационного представления (образа) объекта между доменами;  $N$  – количество объектов (сущностей) физического домена;  $M$  – количество информационных систем;  $K$  – количество сущностей когнитивного доменов.

Приведенная формула в общем виде описывает процесс информационного взаимодействия совокупности объектов ФД ( $A_n$ ) с сущностями КД путем передачи их информационных представлений. Упрощенная графическая интерпретация выражения (5) для случая акустического интерфейса ИД-КД представлена на рис.

Информационными представлениями объектов физического домена (элементы технических систем) могут являться как визуальные объекты (статические и динамические), так и акустические объекты – статические и динамические, которые представляют один из объектов исследования. Спектр подобных объектов может быть расширен за счет ароматических полей и/или тактильных пространств.

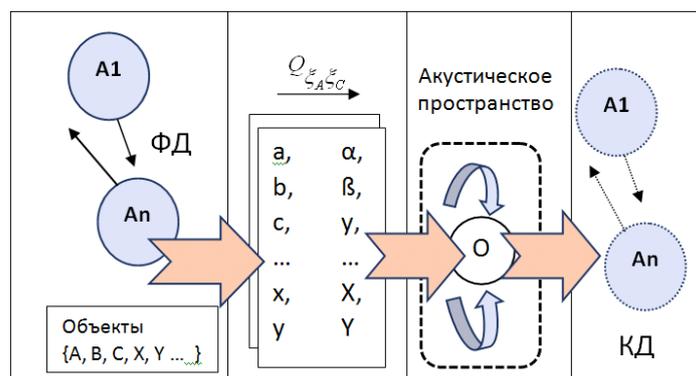


Рисунок. Упрощенная интерпретация модели

Таким образом, при разработке человеко-машинных интерфейсов можно сформулировать следующие основные задачи:

1. Задача определения набора характеристик объектов – источников информационных потоков, и анализ, включающий выявление диапазонов их изменения, темпоральных характеристик, включая скорости изменения сигналов. В общем виде для объектов физического домена можно выделить следующие группы параметров:

- параметры и характеристики, определяющие собственные состояния объектов;
- параметры, определяющие пространственные положения объектов, скорости, ускорения и аналогичные параметры, связанные с координатными измерениями;

– параметры, относящиеся к событиям, связанными с объектами.

Обобщая, можно утверждать, что основными генераторами информационных потоков, требующих своего отражения в интерфейсах, выступают объекты, события и процессы, каждый из которых обладает специфическим набором параметров и характеристик.

2. Задача определения параметров и характеристик слухового аппарата человека, связанных с восприятием акустических сигналов. Данная задача представляется в значительной степени решенной, если опираться на существенный объем исследований в различных разделах акустики и физиологии слуха. Тем не менее, ряд вопросов, касающихся психологических аспектов восприятия по-прежнему нельзя считать полностью исследованными. Это можно подтвердить всей историей развития музыкального искусства и такими современными направлениями неформализованной творческой деятельности как, например, звуковой дизайн.

3. Задача адекватного и корректного отображения множества элементов тезауруса объектов физического домена во множество элементов тезауруса информационного домена (параметров реальных наблюдаемых объектов в параметры акустических сигналов) для последующего отображения на множество образов когнитивного домена (тезаурус КД).

Следует отметить, что последняя задача не может быть эффективно решена формальным соотношением элементов двух тезаурусов, поскольку не учитывает психоэмоциональных аспектов восприятия акустических сигналов, и в силу этого требует специфических междисциплинарных подходов и формирования нетривиальных критериев оценки возможных решений.

Формируемые пространственно-акустические образы могут успешно использоваться не только в задачах мониторинга и управления техническими системами и объектами как реальными сущностями физического домена, но и такими перспективными направлениями как «искусственная реальность» и «дополненная реальность». Отдельными интересными направлениями использования являются индустрия развлечений, в частности компьютерные игры, а также разнообразные творческие направления, включающие звуковой дизайн.

### *Выводы*

1. Использование неречевых акустических интерфейсов в сложных человеко-машинных системах позволяет решить ряд актуальных задач, связанных с повышением устойчивости и эффективности использования подобных систем.

2. Доменная модель инфокоммуникаций обеспечивает общую методологию, включающую как методы формального описания информационных

процессов, имеющих место в названных системах, так и способы количественного анализа параметров и характеристик используемых сигнальных систем. Одновременно с этим предоставляется возможность учитывать слабо формализованные компоненты интерфейсов, связанные с психофизиологическими и эмоциональными аспектами восприятия.

#### Список используемых источников

1. Сотников А. Д. Структурно-функциональная организация услуг телемедицины в прикладных инфокоммуникационных системах. СПб.: Судостроение, 2007. 170 с.
2. Сотников А. Д. Классификация и модели прикладных инфокоммуникационных систем // Труды учебных заведений связи. 2003. № 169. С. 149–162.
3. Сотников А. Д., Катасонова Г. Р., Стригина Е. В. Модели когнитивных взаимодействий в сервис-ориентированных системах // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 4. С. 118.
4. Сотников А. Д., Катасонова Г. Р., Стригина Е. В. Анализ современной системы образования на основе доменной модели инфокоммуникаций // Фундаментальные исследования. 2015. № 2-26. С. 5930–5934.
5. Сотников А. Д. Инфокоммуникационные системы и их модели для здравоохранения // Информационно-управляющие системы. 2008. № 3. С. 46–53.
6. Сотников А. Д., Арзуманян М. Ю. Конкурентные преимущества предприятий в информационной экономике // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2010. № 4 (102). С. 100–105.

УДК 004.7

## К ВОПРОСУ О МУЛЬТИСЕРВИСНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СЕТЯХ

**В. А. Тарасов**

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*Рассматриваются подходы к оценке характеристик и качества обслуживания в мультисервисных информационных сетях и при передаче мультимедийного трафика.*

*мультисервисные сети, IPTV, мультимедийный трафик.*

В последние годы телекоммуникационная инфраструктура резко расширила свои возможности в плане пропускной способности и производительности оконечного оборудования. Наряду с этим, всё шире распространяются абонентские сети доступа, так называемые «домашние сети»,

что обеспечило возможность доставки высококачественного мультимедийного трафика широкому кругу потребителей. Классические для провайдеров услуги передачи данных дополнены сервисом IPTV, а также IP-телефонией. Корпоративные клиенты получили возможность проведения высококачественных телеконференций, презентаций, сеансов дистанционного образования. Однако увеличение производительности передающих средств, а также рост потребностей потребителей поставили перед разработчиками и исследователями ряд новых задач.

Повышение загрузки ресурса мультисервисных сетей связи при сохранении требуемых норм качества обслуживания трафика является важной задачей, решение которой необходимо для организации эффективной работы сетевой инфраструктуры операторов связи. Известно, что при совместном обслуживании неоднородного трафика коммуникационных приложений реального времени наблюдается перераспределение канального ресурса в пользу потоков заявок с малыми потребностями в скорости передачи информации. Для устранения отрицательных последствий этого явления предлагается применять либо резервирование, либо отдельное занятие ресурса звеньев сети. Для теоретического обоснования процедуры выбора конкретного сценария разработаны модели мультисервисной сети связи с учетом зависимости поступления заявок от потребности в ресурсе передачи и степени его загрузки [1].

Из-за всплесков трафика и несовершенства методов управления им в сети возникают перегрузки, которые приводят к переполнению очередей маршрутизаторов и ухудшению качества обслуживания. Изначально в маршрутизаторах пакеты данных, которые не могут быть переданы сразу, помещались в промежуточный буфер, при переполнении которого новые поступающие пакеты отбрасывались. Переполнение буфера происходит каждый раз при наступлении перегрузки в сети. Такой пассивный режим работы буфера называют Tail Drop (отбрасывание конца очереди). Для предотвращения перегрузок в очередях маршрутизатора используются активные методы управления на основе метода RED (*Random Early Detection* – раннее случайное обнаружение). Метод отбрасывания конца очереди Tail Drop, а также метод RED не всегда справляются с управлением трафиком со сложной динамикой, высокой пачечностью и нелинейностью изменения нагрузки, что приводит к возникновению перегрузок, явлению «глобальной синхронизации» TCP-потоков, когда все TCP-источники при переполнении буфера теряют пакеты и одновременно снижают нагрузку, а затем опять одновременно её повышают. В результате чего, моменты перегрузки сменяются моментами простоя, что ведёт к неэффективному использованию ресурсов и снижению качества обслуживания. При передаче смешанного трафика TCP одновременно с UDP синхронизация TCP-соединений и перегрузки также приводят к деградации сопутствующего UDP-трафика.

Эти явления ухудшают такие параметры качества обслуживания трафика, как эффективная скорость передачи данных, процент потерянных пакетов, задержки и вариации задержек. В системах автоматического управления процессами со сложной нелинейной динамикой, в робототехнике нашли широкое применение регуляторы на основе нечёткой логики FLC (*Fuzzy Logic Controller*). Такие регуляторы широко применяются, когда описание поведения системы с помощью точных математических методов представляется достаточно сложным, но доступно простое качественное описание поведения системы. Поэтому для применения в качестве активного метода обработки трафика в очередях маршрутизаторов разработан регулятор трафика на основе нечёткой логики FLC, призванный обеспечить предотвращение перегрузок, контроль средней задержки в очереди и улучшение параметров качества обслуживания при передаче данных по пакетной сети на основе стека TCP/IP [2].

Преобладающую часть трафика пакетной мультисервисной сети занимает мультимедийный трафик, при этом существенная его часть представлена видеотрафиком IPTV. Преимущественно анализ трафика мультисервисных сетей сводится к исследованию статистических характеристик реализаций интенсивности трафика, однако более полную картину можно получить, если рассматривать узлы мультисервисной сети как системы массового обслуживания. Теория массового обслуживания оперирует статистическими характеристиками интервалов времени между заявками и интервалов времени обслуживания заявок. Применяя данные характеристики, можно провести аналитическое исследование узлов. Преобладание непуассоновского трафика приводит к невозможности анализа мультисервисных сетей при помощи методов теории массового обслуживания с моделями типа  $M/M/1$  и  $M/M/n$ , используемых для описания телефонных сетей связи. Из-за непуассоновского характера реального трафика моделью узла мультисервисной сети может служить система  $G/G/1$ , так как на практике зачастую имеются произвольные законы распределения временных параметров трафика. Из-за несовершенства алгоритмов, используемых программами-симуляторами, анализ и прогнозирование трафика в системе массового обслуживания методами моделирования порой приводит к неудовлетворительным результатам. Для решения задач в этой связи разрабатываются специальные архитектуры, а для экспериментальной оценки характеристик используется специальное программное обеспечение [3].

Со времени принятия стандарта IEEE 802.16d/e глобальной совместимости доступа WiMax применение сети широкополосного беспроводного доступа позволяет расширить возможности оказания услуг IPTV с широким привлечением беспроводной мобильной связи. Обеспечение высокой скорости передачи данных на базе технологии WiMax (как мобильных, так и фиксированных пользователей) при просмотре телевизионных программ

в режиме реального времени или при предоставлении услуги видео по требованию VoD (*Video of Demand*) делают весьма перспективным IP-телевидение на базе технологии WiMax. Кроме того, создание IPTV-сетей позволит пользователям не только подписаться, по их выбору, на любой канал, но и получить ряд новых услуг, таких, как услуга VoD, постановка на паузу передач прямого эфира и т. п. Становится актуальной задача разработки схемы передачи услуги VoD через IPTV-сеть WiMax с гибридным механизмом передачи [4].

Сетевые приложения мультисервисных сетей связи представлены тремя основными группами: передача данных, пакетная телефония и потоковое видео («*Triple Play*»). Трафик коммуникационных приложений, относящихся к первой группе, не чувствителен к задержке, но потеря пакетов может привести к потере информации в целом или к значительному увеличению загрузки канала за счет повторной передачи. Трафик коммуникационных приложений второй и третьей групп требует доставку в реальном масштабе времени, то есть с минимальной задержкой и джиттером. Одной из самых больших технических проблем при передаче мультимедийных приложений по пакетным сетям является обеспечение качества обслуживания при обработке данных. Именно плохая приспособленность сетей с коммутацией пакетов к передаче трафика реального времени, как отмечается во многих источниках, сдерживает повсеместное развитие мультисервисных сетей. Следует отметить, что во многом уровень качества предоставляемых пользователю услуг *Triple Play* определяется на этапе проектирования сети. Однако в настоящее время нет общепризнанной модели мультисервисных сетей, которые продолжают проектироваться на основе положений теории телетрафика. Исследования свойств трафика современных сетей с коммутацией пакетов показывают, что трафик сетей передачи данных, в отличие от классического представления трафика пуассоновским потоком, обладает свойством самоподобия. В то же время, и при пакетной передаче речи возникают новые возможности, связанные с механизмом подавления пауз. При этом речевой поток из потока с постоянной скоростью преобразуется в поток с переменной скоростью. И, как показывает ограниченное количество работ по исследованию фрактальной природы трафика речевых сервисов, свойство самоподобия также характерно и для речевого трафика. В результате теоретический расчет параметров мультисервисной сети по классическим формулам дает неоправданно оптимистические результаты. Более того, алгоритмы обработки трафика (методы обслуживания), созданные для работы с простейшими потоками, оказываются недостаточно эффективными для потоков, обладающих свойством самоподобия. Однако ведутся работы по совершенствованию метода оперативного распределения ресурсов (пропускной способности и буферной памяти) звена передачи данных мультисервисной сети на основе предсказания коэффициента Хэрста

и методики оценки его вероятностно-временных характеристик при наличии свойства самоподобия поступающей нагрузки [5].

Из исследования выполненных в последние годы научных работ можно сделать вывод о том, что, при анализе и оценке характеристик мультисервисных сетей, значительное внимание уделяется формированию моделей и алгоритмов распределения информационных потоков и увеличения помехоустойчивости с целью оптимизации задержки и использования канальных и вычислительных ресурсов сетей. При этом акцент делается на аппарат теории массового обслуживания. В то же время, практически не уделяется внимания особенностям контента, в том числе, перспективного. Рынок решений для мультимедийных приложений создаёт преимущественно продукты, поддерживающие аудио-видеосвязь с возможностью внедрения презентационных материалов. Однако следует учитывать, что восприятие человека не ограничивается зрением и слухом, а системы виртуальной реальности представлены, в том числе, симуляторами осязательных, обонятельных и даже вкусовых образов. И хотя производство таких симуляторов в настоящее время не носит массовый характер, а порой является экспериментальным, учитывая темпы развития наукоёмких технологий, в ближайшем будущем можно ожидать появления комплексных систем виртуальной реальности, оперирующих полным спектром мультимедийной информации, предназначенной для всех органов чувств. Соответственно, появление таких систем повлечёт необходимость разработки новых механизмов доставки трафика и, скорее всего, новых протоколов информационного взаимодействия, а впоследствии и новых аппаратно-программных архитектур. В этой связи, представляется целесообразным проработка возможных сценариев развития мультисервисных сетей и построения моделей и алгоритмов передачи мультимедийного трафика.

#### Список используемых источников

1. Саламех Немер. Анализ и разработка метода оценки скорости звеньев мультисервисной сети при совместном обслуживании неоднородного трафика реального времени : автореф. дис. ... канд. тех. наук : 05.12.13 / Саламех Немер. М., 2016. 17 с.
2. Масленников А. Г. Разработка метода обработки трафика в очередях маршрутизаторов мультисервисной сети на основе нечёткой логики : автореф. дис. ... канд. тех. наук : 05.12.13 / Масленников Андрей Геннадьевич. М., 2015. 16 с.
3. Самойлов М. С. Анализ вероятностно-временных характеристик узлов обработки непуассоновского мультимедийного трафика мультисервисных сетей связи : автореф. дис. ... канд. тех. наук : 05.12.13 / Самойлов Михаил Сергеевич. Самара, 2015. 16 с.
4. Гергес Мансоур Салама Мансоур. Исследование сетевых моделей IPTV : автореф. дис. ... канд. тех. наук : 05.12.13 / Гергес Мансоур Салама Мансоур. СПб., 2012. 19 с.
5. Коваленко О. Н. Совершенствование метода оперативного распределения пропускной способности каналов мультисервисной сети с целью повышения эффективности

их использования : автореф. дис. ... канд. тех. наук : 05.12.13 / Коваленко Ольга Николаевна. Новосибирск, 2009. 19 с.

*Статья представлена заведующей кафедрой информационных управляющих систем, доктором технических наук, профессором Л. К. Птицыной.*

УДК 004.77

## СОВРЕМЕННАЯ ВИДЕОКОНФЕРЕНЦСВЯЗЬ

**В. А. Тарасов**

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*Проводится анализ современного состояния технологий видеоконференцсвязи и интеграции служб.*

*видеоконференцсвязь, сервер видеосвязи, масштабируемое видеокодирование.*

Системы видеоконференцсвязи (ВКС) целесообразно разделить на три основные категории: персональные, для небольшого количества участников, и интегрируемые.

Имея в виду способы внедрения рассматриваемых систем, можно выделить четыре основных модели: выделенная, функционирует только в локальной сети; облачная, использует Интернет; гибридная, содержит обе среды; удаленная, всё оборудование контролируется провайдером [1].

В настоящее время разработчики предлагают следующие решения.

Система для малого бизнеса с бесплатным сервером видеосвязи на 6 абонентов представлена на рис. 1 [2].

В данном решении потребитель получает кроссплатформенное приложение, обеспечивающее защищённую связь внутри сети, гибкое администрирование, адресную книгу со статусами и фотографиями. Разработчик гарантирует максимальное качество изображения и звука, благодаря использованию технологии масштабируемого видеокодирования SVC (*Scalable Video Coding*), позволяющей передавать в одном потоке несколько подпотоков видео различного качества. Обычно их два – базовый и вспомогательный. Первый передается в стандартном качестве, он поступает на менее производительные устройства, а второй – в улучшенном, например, с большей частотой кадров или большим разрешением. Обеспечивается возможность подключения системы видеонаблюдения, АТС или существующего оборудования ВКС для полноценного участия RTSP, SIP/H.323-абонентов

в видеоконференциях, в том числе, для вызовов на ТфОП, доступ к WebRTC.

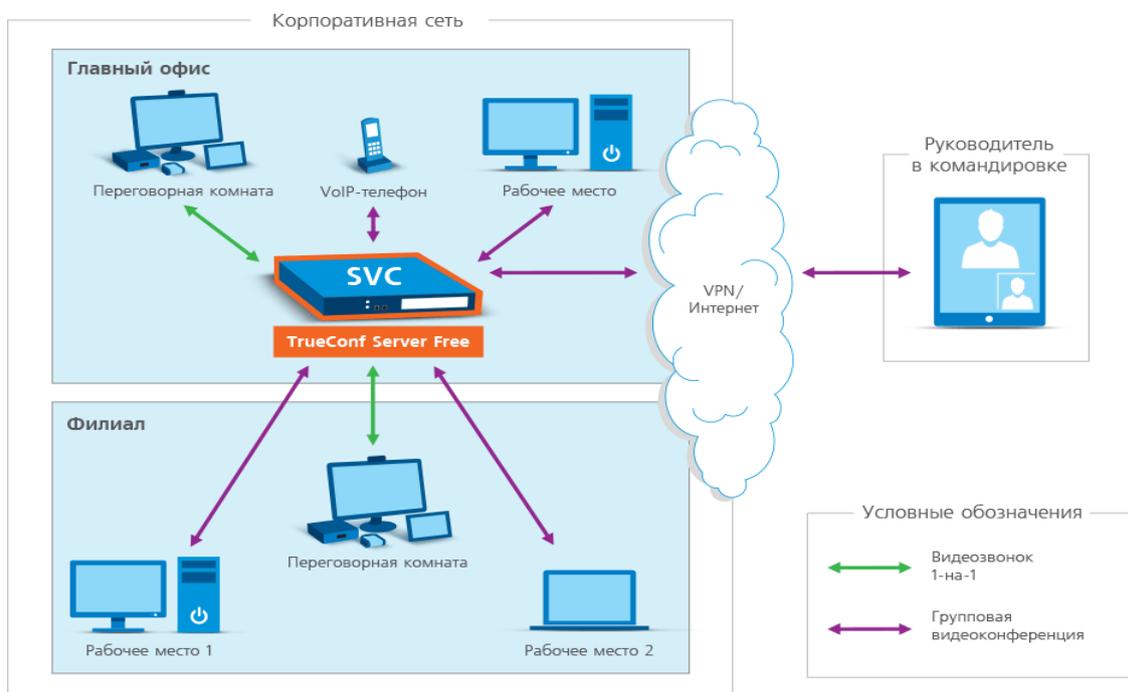


Рис. 1. Система малого масштаба

На рис. 2 представлена система ВКС для организации конференций в закрытых сетях.

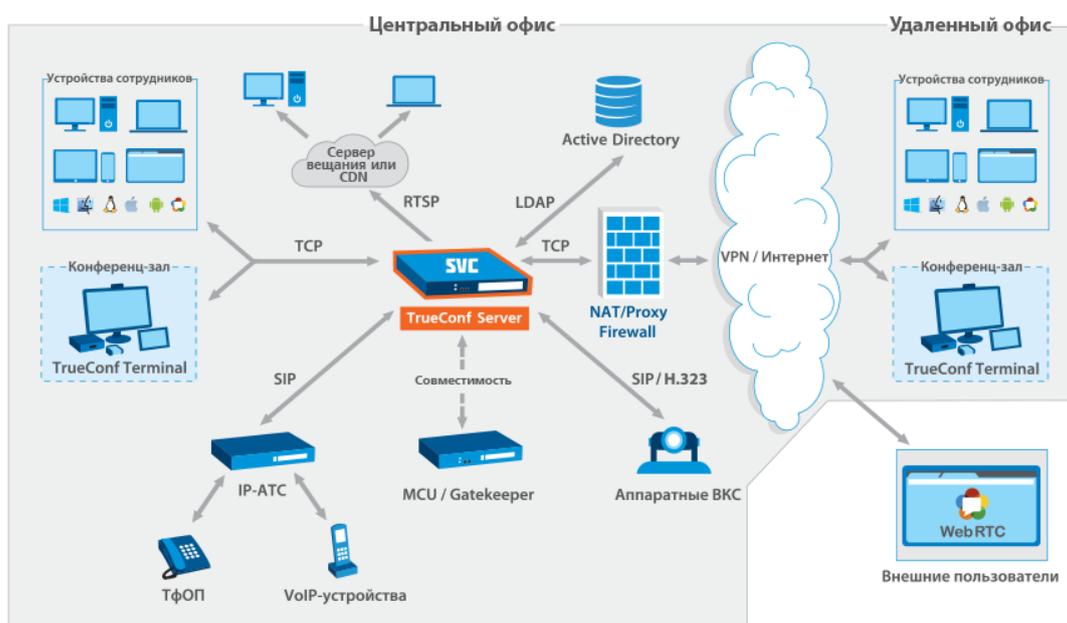


Рис. 2. Система для корпоративной сети

Данная отечественная программная платформа унифицированных коммуникаций, доступная как на настольных ПК и ноутбуках, так и на планшетах и смартфонах, позволяет повысить безопасность за счёт использования только одного порта TCP и SSL, а также возможности подключения шифрования по ГОСТ, получить возможность интеграции с аппаратными ВКС по протоколам H.323/SIP, возможность протоколирования на стороне сервера. Кроме того, нет необходимости в статическом IP-адресе для терминалов и в дополнительном оборудовании для перекодирования видеопотоков. Используется технология SVC, присутствует интеграция LDAP и Web-конфигуратор для управления сервером, поддерживаются Ultra HD 4k, WebRTC, вебинары и возможность взаимодействия со сторонними приложениями.

На рис. 3 изображена система для корпоративной сети, включающей ряд филиалов.

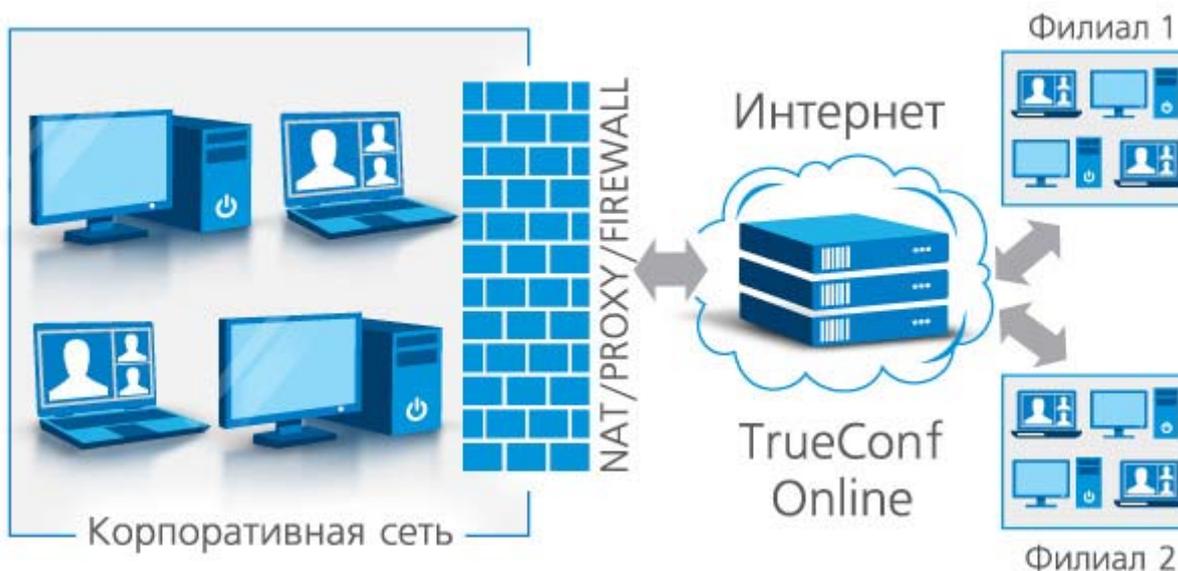


Рис. 3. Система для распределённой сети

В данном случае функционал аналогичен предыдущему, но имеется специфика, связанная с возможностями по количеству участников и стоимостью услуг. Для использования системы достаточно установить приложение. Отсутствует необходимость в сервере ВКС.

Решение для переговорных комнат представлено на рис. 4.



Рис. 4. Система для переговорных комнат

Для получения терминала достаточно установить приложение, представленное на рис. 1, на операционную систему Windows. Если есть необходимость интеграции с аппаратными терминалами, АТС, Active Directory или телефонией, можно подключить терминал к серверу ВКС, изображённому на рис. 2, его бесплатная версия позволяет объединить до 6 филиалов внутри сети. При подключении терминала к облачному сервису, представленному на рис. 3, появляется возможность проведения бесплатных групповых видеоконференций до трех участников. Система позволяет транслировать в конференцию контент. Есть возможность интеграции терминала в банкомат или в терминал самообслуживания с возможностью удалённого управления им и с необходимым интерфейсом. Платная версия позволяет осуществлять разграничение прав доступа.

На рис. 5 представлена система глобального характера.

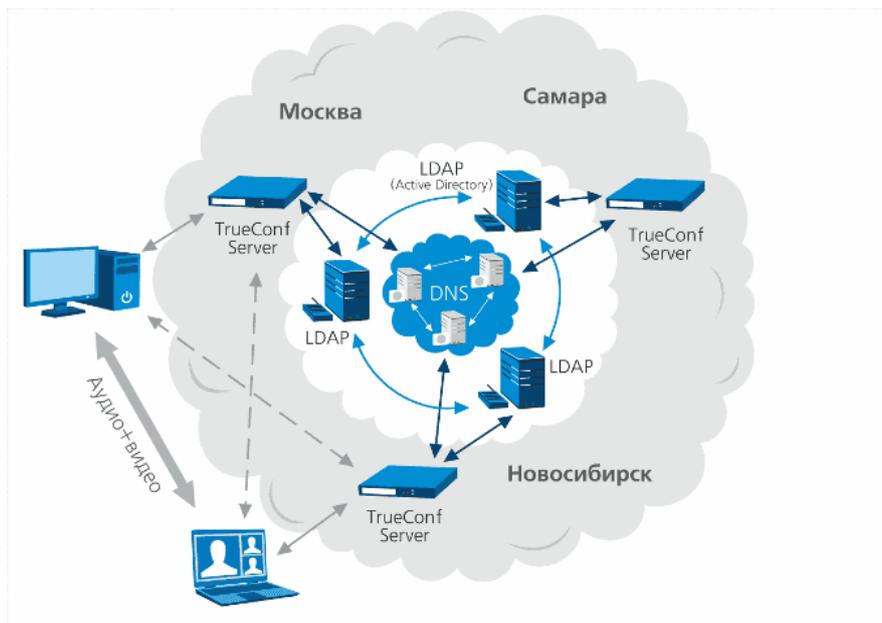


Рис. 5. Система крупного масштаба

Данное решение объединяет несколько серверов, объединённых базой пользователей. Соединение между пользователями реализуется через сервера ВКС за счет интеграции с LDAP и DNS-серверами. Пользователь подключается к своему ВКС-серверу, у которого есть доступ к LDAP-серверу, содержащему реплику глобальной базы LDAP. У каждого ВКС-сервера есть доступ к ближайшему LDAP-серверу. Изменения LDAP реплицируются между серверами средствами директорий – Microsoft Active Directory или 389 Directory. Сервера ВКС хранят в директории все данные, необходимые для связи пользователей различных серверов между собой. Пользователи добавляются и редактируются в системе стандартными средствами LDAP-директории, сервера ВКС используют эту информацию из LDAP. В рассматриваемой системе пользователь имеет возможность запрашивать информацию о статусе клиентов со своего сервера, звонить и приглашать в конференцию пользователей любых серверов, а администратор может редактировать данные пользователей средствами LDAP и настраивать адресную книгу по умолчанию различными LDAP-группами пользователей.

Ещё один компонент ВКС – системы телеприсутствия, рис. 6 [3]. Они обеспечивают эффект присутствия за счёт высокого качества видео и аудио, размещения камер на уровне глаз, унификации интерьера.



Рис. 6. Система телеприсутствия

#### Список используемых источников

1. Организация систем видеоконференцсвязи (ВКС) [Электронный ресурс] // URL: <https://www.unix-spb.ru/napravleniya-deyatelnosti/videokonferentssvyaz-i-audio-video-osnashchenie> (дата обращения 25.03.2017).

2. Программы для видеоконференций [Электронный ресурс] // URL: [https://trueconf.ru/products?utm\\_source=direct.yandex.ru&utm\\_medium=cpc&utm\\_campaign=YD\\_TC\\_Search\\_RU&utm\\_term=%D1%81%D0%B5%D1%80%D0%B2%D0%B5%D1%80%20%D0%B2%D0%B8%D0%B4%D0%B5%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D](https://trueconf.ru/products?utm_source=direct.yandex.ru&utm_medium=cpc&utm_campaign=YD_TC_Search_RU&utm_term=%D1%81%D0%B5%D1%80%D0%B2%D0%B5%D1%80%20%D0%B2%D0%B8%D0%B4%D0%B5%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D)

1%84%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D1%86%D1%81%D0%B2%D1%8F%D0%B7%D0%B8&utm\_content=169730637-Ad-server\_vks&yclid=1441087984576762176 (дата обращения 25.03.2017).

3. Системы телеприсутствия – видеоконференции с эффектом живого общения [Электронный ресурс] // URL: [http://www.webmeetings.ru/tags/sistemy\\_telepriststvija/](http://www.webmeetings.ru/tags/sistemy_telepriststvija/) (дата обращения 25.03.2017).

*Статья представлена заведующей кафедрой информационных управляющих систем, доктором технических наук, профессором Л. К. Птицыной.*

**УДК 004.413.4**

## **МЕТОДЫ СРАВНИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА ВЛИЯНИЯ МОБИЛЬНЫХ ТЕЛЕФОНОВ НА ФУНКЦИИ ОПЕРАТОРА**

**Е. В. Чурносов**

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*Предложены методы сравнительной оценки влияния мобильных телефонов на качество выполнения операторских функций. Методы основаны на системном подходе и методологии математического планирования многофакторного эксперимента.*

*мобильный телефон, системный анализ, математическое планирование эксперимента, факторы.*

Процесс воздействия электромагнитного излучения мобильного телефона на пользователя можно рассматривать как сложную систему [1, 2, 3, 4]. В связи с этим для сравнительной оценки влияния различных типов мобильных телефонов на функции оператора целесообразно использовать системные методы. В настоящей работе предложен системный метод сравнительной оценки влияния различных типов мобильных телефонов на операторские функции пользователя на основе методологии математического планирования эксперимента [5].

На рис. 1. представлена блок-схема исследуемой системы по принципу «черного ящика».

На первом этапе исследования необходимо поставить многофакторный эксперимент, в котором используется качественный фактор, уровни которого соответствуют различным типам телефонов. Для построения плана та-

кого эксперимента целесообразно использовать латинские квадраты. Латинский квадрат представляет собой квадратную таблицу, которая состоит из  $n$  элементов (уровней качественного фактора) таким образом, чтобы каждый элемент повторялся в строке или столбце только один раз [5].

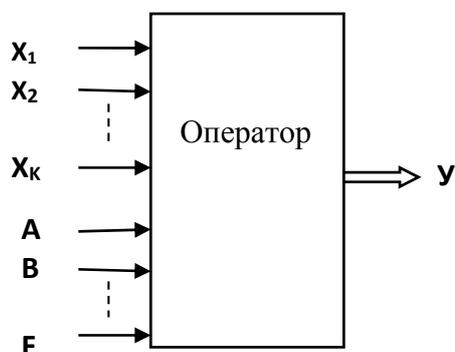


Рис. 1. Блок-схема исследуемой системы,  
где:  $x_1, x_2, \dots, x_k$  – воздействующие факторы (количественные);  
 $A, B, \dots, F$  – уровни качественного фактора (типы телефонов);  
 $y$  – результирующая характеристика

<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>A</b>
<b>C</b>	<b>D</b>	<b>A</b>	<b>B</b>
<b>D</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>

Рис. 2. Латинский квадрат (четырёхфакторный)

На рис. 2 представлен латинский квадрат с четырьмя уровнями качественного фактора: A, B, C, D. Каждый из этих уровней соответствует типу мобильного телефона. Такой латинский квадрат является основой для формирования количественно-качественного плана многофакторного эксперимента, как показано на рис. 3. Количественными факторами могут быть величины параметров, определяющих влияние мобильного телефона на пользователя. Например, для представленного на рис. 3 плана целесообразно оценивать воздействие четырех количественных факторов: продолжительности разговора ( $x_1$ ), длительности паузы после него ( $x_2$ ), способа разговора ( $x_3$ ) и года выпуска телефона ( $x_4$ ).

На основе полученных экспериментальных данных (табл. 1), осуществляется сравнительный анализ попарно всех уровней качественного фактора (A-B, A-C, B-C и т. д.) на основе критерия Стьюдента. Каждый из этих уровней соответствует определенному типу телефона. Таким образом осуществ-

ляется ранжирование типов телефонов по интенсивности воздействия на исследуемую характеристику состояния или степени жизнедеятельности пользователя ( $y$ ).

x2							
-1		1					
x1							
-1	1	-1	1				
A	B	C	D	-1	x3	-1	x4
B	C	D	A	1		1	
C	D	A	B	-1		-1	
D	A	B	C	1		1	

Рис. 3. Схема постановки 5-факторного эксперимента с четырьмя количественными и одним качественным фактором. Величины факторов обозначены соответственно  $-1$  (минимум) и  $1$  (максимум)

ТАБЛИЦА 1. Матрица плана и результатов постановки 5-факторного эксперимента с одним качественным и четырьмя количественными факторами

№ опыта	Факторы					y результаты
	x1	x2	x3	x4	x5	
1	-1	-1	-1	-1	A	y1
2	-1	-1	-1	1	C	y2
3	-1	-1	1	-1	B	y3
4	-1	-1	1	1	D	y4
5	-1	1	-1	-1	C	y5
6	-1	1	-1	1	A	y6
7	-1	1	1	-1	D	y7
8	-1	1	1	1	B	y8
9	1	-1	-1	-1	B	y9
10	1	-1	-1	1	D	y10
11	1	-1	1	-1	C	y11
12	1	-1	1	1	A	y12
13	1	1	-1	-1	D	y13
14	1	1	-1	1	B	y14
15	1	1	1	-1	A	y15
16	1	1	1	1	C	y16

По результатам спланированного эксперимента (табл. 1) можно построить регрессионную модель, описывающую зависимость исследуемой характеристики ( $y$ ) от совокупного влияния факторов ( $x_1, x_2, \dots, x_k$ ). Анализ коэффициентов этой модели позволяет дать обобщенную характеристику влияния указанных факторов на пользователя независимо от типа телефона.

Далее был поставлен контрольный эксперимент по сравнительной оценке влияния двух мобильных телефонов на скорость ( $y_1$ ) и количество ошибок ( $y_2$ ) печати. На рис. 4 представлена блок-схема исследуемой системы.

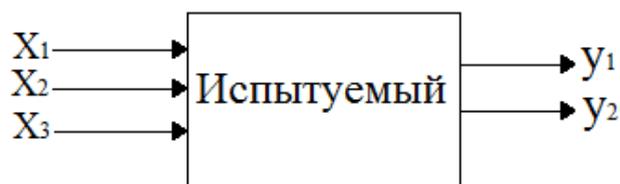


Рис. 4. Исследуемая система

ТАБЛИЦА 2. Воздействующие факторы (количественные)

Условные обозначения	Наименование	Величины		Единицы измерения
		min	max	
$x_1$	Продолжительность разговора	1 (-1)	5 (+1)	минуты
$x_2$	Пауза после разговора	1 (-1)	5 (+1)	минуты

Примечание: величины факторов закодированы от -1 (минимум) до +1 (максимум).

Качественный фактор ( $x_3$ ) – это марка телефона. Сравнивались две марки телефонов: LG-D 724 (А) и Apple iPhone 5S (В). Расчет осуществлялся по скорости печати ( $y_1$ ) и количеству ошибок ( $y_2$ ).

		$x_1$	
		-1	+1
$x_2$	-1	А	В
	+1	В	А

Рис. 5. Схема постановки эксперимента

В табл. 3 представлена матрица плана эксперимента, построенная на основе схемы (рис. 5), и результаты этого эксперимента.

ТАБЛИЦА 3. Матрица плана и результаты эксперимента

№ опыта	Факторы			$y_1$	$y_1(\text{cp})$	$y_2$	$y_2(\text{cp})$
	$x_1$	$x_2$	$x_3$				
1	-1	-1	A	124;126;128	126	4;3;5	3
2	-1	+1	B	143;145;148	145	3;2;4	3
3	+1	-1	B	125;126;129	127	8;10;9	9
4	+1	+1	A	128;131;132	130	9;8;10	9

Средние значения скорости печати для телефонов (уровни A и B):

$$y_A(\text{cp}) = \frac{126+130}{2} = 128; \quad y_B(\text{cp}) = \frac{145+127}{2} = 136.$$

Дисперсии:

$$S_A^2 = \frac{2^2+0+2^2+2^2+1^2+2^2}{2(3-1)} = 4,2; \quad S_B^2 = \frac{2^2+0+3^2+2^2+1^2+2^2}{2(3-1)} = 4,5.$$

Расчетный критерий Стьюдента:

$$t_p = \frac{y_B - y_A}{\sqrt{S_A^2 + S_B^2}} = \frac{8}{\sqrt{8,7}} = 2,76 \approx 2,8.$$

В результате:  $T_p = 2,8 \geq 2,78$  при  $p \leq 0,05$ .

Это значит, что после разговора по мобильному телефону Apple iPhone 5S (B) скорость печати сохраняется на более высоком уровне по сравнению с конкурирующим телефоном ( $p \leq 0,05$ ).

По второму показателю (процент ошибок) статистически значимой разницы между влиянием телефонов не обнаружено, как видно из результатов эксперимента.

Далее важно дать обобщенную оценку комбинированного влияния исследуемых факторов на пользователя. С этой целью по результатам эксперимента, представленным в табл. 3, построена регрессионная модель, описывающая зависимость скорости набора текста ( $y_1$ ) от совокупного влияния исследуемых факторов ( $x_1, x_2$ ):

$$y_1 = 132 - 3,5x_1 + 5,5x_2 - 4x_1x_2.$$

Модель статистически значима ( $p \leq 0,05$ ).

На рис. 6 представлена геометрическая интерпретация модели в виде линий равного уровня.

Как видно из рисунка, самое неблагоприятное сочетание величин факторов – это максимальная продолжительность разговора по телефону ( $x_1$ ) и минимальная продолжительность паузы после него ( $x_2$ ), т. е. область в правом нижнем углу. Самое же благоприятное сочетание величин факторов –

это минимальная продолжительность разговора по телефону ( $x_1$ ) и максимальная продолжительность паузы после него ( $x_2$ ), т. е. область в левом верхнем углу.

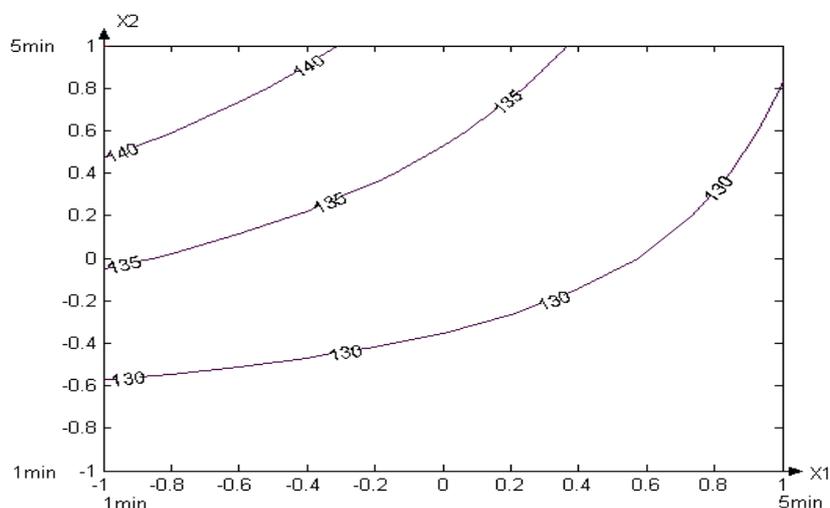


Рис. 6. Графическое представление обобщенной модели зависимости влияния телефонов на скорость набора текста (симв./мин)

В первом случае скорость набора символов составляет около 145 симв./мин., что совпадает с контрольными данными без использования телефона, а во втором случае – около 125 симв./мин., что отображает последствия влияния мобильного телефона.

#### Список используемых источников

1. Чурносов Е. В. Системная оценка влияния мобильного телефона на пользователя // Сборник научных трудов 4-го международного конгресса «Нейробиотелеком – 2010». СПб., 2010. С. 213–216.
2. Чурносов Е. В. Системный контроль влияния мобильного телефона на пользователя // Материалы 5-го международного научного конгресса «Нейробиотелеком – 2012». СПб., 2012. С. 279–285.
3. Чурносов Е. В. Моделирование системной реакции организма на воздействие мобильного телефона // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. IV Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. СПб., 2015. С. 440–444.
4. Чурносов Е. В. Исследование многофакторного воздействия мобильного телефона на человека // Тезисы 5-го международного конгресса «Слабые и сверхслабые поля и излучения в биологии и медицине». СПб., 2009. С. 182.
5. Cox D. R., Reid N. The theory of the design of experiments. New York, CHAPMAN&HALL/CRC, 2000. 323 p. ISBN 1-58488-195-X.

УДК 004.4(076)

## СПЕЦИФИКАЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАБОЧЕГО МЕСТА УПРАВЛЕНЧЕСКОГО РАБОТНИКА

**О. И. Шеховцов**

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*Приводится описание математической структуры гибкого интеллектуального автоматизированного рабочего места управленческого работника. Даются определения свойств гибкости и интеллектуальности, раскрывается содержание структуры ГИАРМ, выделяются два уровня рассмотрения ГИАРМ: концептуальный и технологический. Концептуальный включает основные концепции и направления или пути их решения, технологический уровень – методы и средства реализации этих путей. Определена математическая структура ГИАРМ концептуального уровня и раскрыто содержание реализации основных концепций: концепции саморазвития, концепции типизации и концепции интеллектуализации.*

*АРМ, Концептуальный уровень, концепция саморазвития, 2-х уровневая архитектура ГИАРМ, банк формализованных задач, концепция типизации, типовая задача, семейство типовых задач, концепция интеллектуализации, новая информационная технология автоматизированного решения управленческих задач.*

Автоматизированное рабочее место управленческого работника (АРМ) рассматривается как гибкий интеллектуальный АРМ.

Свойства АРМ\_УР, оперативно и адекватно изменяющимся производственным условиям обеспечивать настройку АРМ на эти изменяющиеся условия, включая и изменения самого УР, назовем гибкостью. Свойство АРМ обеспечить новую информационную технологию автоматизированного решения управленческих задач и в том числе задач развития самого АРМ назовем его интеллектуальностью.

Модель гибкого интеллектуального АРМ (ГИАРМ) представляется на двух уровнях: концептуальном и технологическом [1]:

$$\text{Тгиарм} := \langle \text{Тгиарм}(\kappa), \text{Тгиарм}(\tau), | \text{==}, \text{O}, \Pi \rangle$$

Концептуальный включает основные концепции и направления или пути их решения. Технологический уровень – методы и средства реализации этих путей.

Определим семантику используемых символов и операций:

$:= \langle \rangle$  – структурное представление;

$:= \{ \}$  – классификационное представление некоторого объекта;

$|==$  – отображение концепций и направлений их реализации концептуального уровня на модели, методы и архитектурные решения технологического уровня;

$O := \{O_k, O_t\}$  – совокупность операций по модификации модели соответственно концептуального и технологического уровней;

$\Pi := \{\Pi_k, \Pi_t\}$  – правила манипулирования составляющими модели на концептуальном и технологическом уровнях;

$$O_k := \langle U^\wedge, R^\wedge, C^\sim, P^\sim \rangle$$

$U^\wedge$  – множество оценок, характеризующих степень удовлетворения требований к ГИАРМ на концептуальном уровне;

$R^\wedge$  – множество критериев работоспособности концепции или направления ее реализации;

$C^\sim$  – модифицирование концепции;

$P^\sim$  – модифицирование путей реализации.

$$C^\sim := \{\sim C, C^*, C'\}$$

$\sim C$  – отказ от концепции;

$C^*$  – выдвижение новой концепции;

$C'$  – уточнение или развитие прежней концепции.

$$\text{ГИАРМ (к)} := \langle U, S, F, P \rangle$$

$U$  – концептуальная модель проблемной области (ПО);

$S$  – проблемная ситуация (формулировка проблемы);

$F$  – независимая совокупность концепций или наиболее общих представлений об организации данного объекта;

$P$  – направления или пути реализации этих концепций.

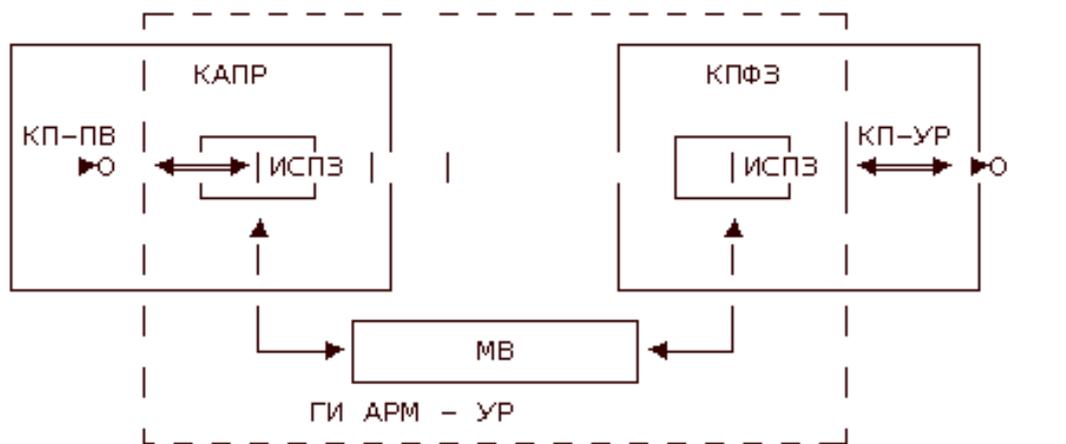
$$F := \langle K - \text{саморазвития, } K - \text{типизации, } K - \text{интеллектуализации} \rangle$$

I. Направление реализации концепции саморазвития включает два компонента:  $\langle 2\text{-х уровневую организацию ГИАРМ, банк формализованных задач (БФЗ)} \rangle$

II. Направление реализации концепции типизации представляется набором:  $\langle \text{Типовая задача (ТЗ), СТЗ} \rangle$

III. Направление реализации концепции интеллектуализации представляется структурой:  $\langle \text{Новая информационная технология автоматизированного решения управленческих задач} \rangle$ .

2-х уровневая организация ГИАРМ представляется в виде следующих взаимосвязанных компонентов:



Здесь КП-ПЗ – конечный пользователь – проектирование задач;  
КАПР – контур автоматизированного проектирования (контур саморазвивающегося АРМ);

ИСПЗ – инструментальная система проектирования задач. Основное назначение ИСПЗ пополнение и развитие информационной картотеки ресурсов, т. е. пополнение пространства типовых проектных решений.

ИСПЗ - -//- решения задач.

КРФЗ – контур решения функциональных задач (управленческих);

МВ – модуль взаимодействия;

КП-УР – конечный пользователь – управленческий работник.

### Банк формализованных задач (БФЗ)

Основан на двух принципах: принципе типизации функциональных задач и принципе независимости задач и методов обработки данных. Формально БФЗ представляется следующей структурой:

**БФЗ : => < {СТЗ}, {ММ}, {А}, П(КЗ-ТЗ), П(ТЗ-ММ), П(ММ-А) >**

здесь СТЗ – семейство типовых задач; представляет собой все множество задач, которые могут решаться в рамках АРМ, объединенных в независимое семейство типов задач.

Типовая задача (ТЗ) – представляет собой содержательно сформулированную проблему, отличающуюся тем, что все ограничения, имеющиеся в задаче, соответствуют требованиям конкретного алгоритма;

ММ – множество математических методов решения задач;

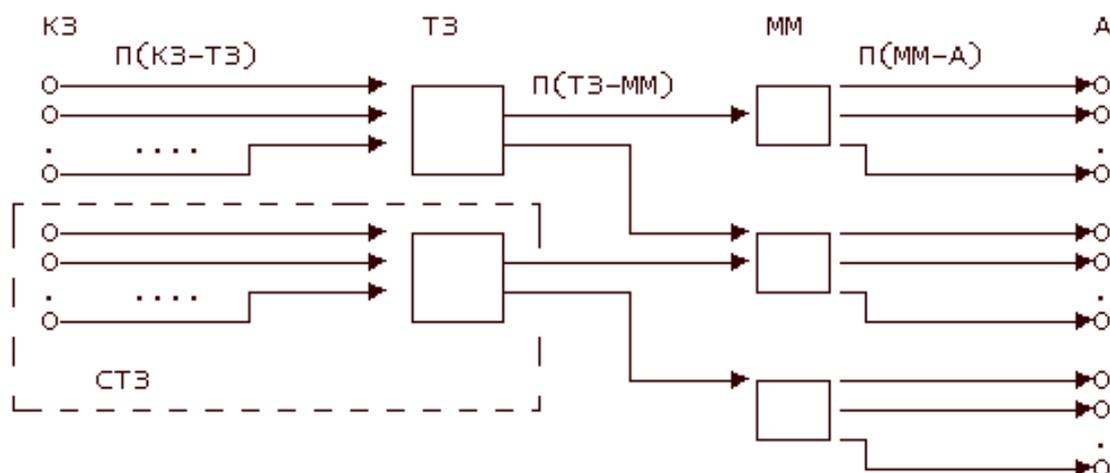
А – множество алгоритмов, реализующих математические методы;

П(КЗ-ТЗ) – соответствие между конкретной задачей и типовой.

Методу одной типовой задачи могут соответствовать многие разновидности или модификации алгоритмов решения. Алгоритм описывается оценками показателей точности, оперативности, себестоимости (ресурс, потребляемый для реализации)

Форма представления соответствий: в виде числовых оценок, характеризующих качество получаемого решения; в виде процедур, обеспечивающих выбор конкретного метода, конкретного алгоритма.

Графически БФЗ описывается следующим образом:



### Формализация типовой задачи [2]

В основе – анализ особенностей (технико-экономического планирования). При формализации типовой задачи целесообразно исходить из моделей деятельности управленческих работников и учета специфики проблемной области. Исходя из формы деятельности – это работа с документами => задача должна быть представлена совокупностью документов; с точки зрения содержания должны быть определены отличия от других задач данной предметной области. Типизированной задачей будем называть содержательно сформулированную проблему, характеризующуюся экономически, в общем случае производственной и организационной обособленностью, законченной математической интерпретацией и определенным временным интервалом существования. Экономическая обособленность означает правомерность существования данной задачи с точки зрения экономической теории и сложившейся практики решения соответствующих задач на производстве. Организационная обособленность предполагает «замкнутость» процесса решения задачи в каком-нибудь конкретном подразделении. Эта замкнутость проявляется в независимом составе совокупности документов и предопределяет решение задачи в рамках конкретного АРМ. Законченная математическая интерпретация предполагает наличие математической модели, позволяющей автоматизировать решение задачи и получить

корректные, с точки зрения экономического смысла, результаты. Конечный временной интервал является необходимым атрибутом существования типизированной задачи, поскольку при одинаковой временной обстановке определяет различные математические модели и методы решения задач. Например, при планировании производственной программы в зависимости от временного интервала могут быть использованы математические модели объемно-календарного или оперативного планирования. Эти математические модели различны. Типовая задача описывается следующей математической структурой:

$$ТЗ :=> < S, T, Q, D, M >,$$

где  $S$  – условная ситуация;  $T$  – временной интервал существования;  $Q$  – совокупность показателей, отражающих задачу;  $D$  – совокупность документов;  $M$  – модель или совокупность взаимосвязанных моделей, позволяющих решить задачу в автоматизированном режиме:

$$D : Q \rightarrow Q,$$

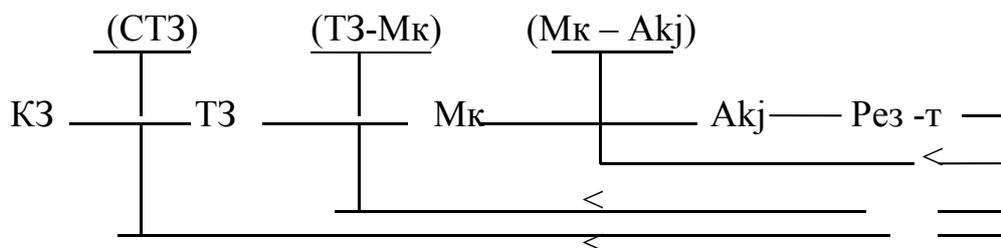
где  $S$  и  $Q$  – отражают экономическую обособленность;  $D$  – организационную обособленность;  $M$  – законченную математическую интерпретацию.

Задачей из семейства типовой задачи будем называть содержательно сформулированную проблему, которая обладает всеми атрибутами типовой задачи и дополняет ее в плане учета конкретных организационно-экономических условий применения. Семейством типизированных задач будем называть совокупность задач в плане предыдущего определения, которые охватывают возможные модификации и особенности существования задачи в конкретной производственной системе.

*Концепция интеллектуализации*

< НИТ – новая информационная технология автоматизированного решения управленческих задач >

Эта информационная технология может быть описана в следующем виде:



Для решения конкретных функциональных задач из своей проблемной области управленческий работник имеет в своем распоряжении инструментальную систему решения задач (ИСПЗ), в виде банка формализованных задач. При этом инструментальная система обеспечивает конечному пользователю возможность непроцедурного их описания на языке конечного пользователя. Используя эти описания инструментальная система строит независимые альтернативные цепочки решения данной задачи.

#### **Список используемых источников**

1. Шеховцов О. И., Адарюков В. И. Спецификация знаний в экспертной системе концептуального проектирования баз данных // Проблемы информационного обеспечения интегрированных производственных комплексов: сб. науч. тр. Л. : ЛИИА АН СССР, 1987. С. 85–94.

2. Шеховцов О. И., Гришин И. Л. Автоматизация решения задач ТЭП с использованием АРМ специалистов по управлению // Вопросы системотехники и ГАП: межвуз. сборник. Л. : СЗПИ, 1987. С. 126–130.

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

УДК 621.375(075.8)

### ВЧ КОРРЕКЦИЯ В УСИЛИТЕЛЕ НА ОУ

А. Г. Алексеев, Л. А. Селиверстов

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*ОУ с полной частотной коррекцией является устройством, к которому в наибольшей степени подходит понятие площади усиления. Верхняя граничная частота обратно пропорциональна коэффициенту усиления с ОС. При заданном его значении граничная частота может оказаться недостаточной. Для достижения требуемых частотных свойств логично использовать каскад на ОУ с меньшим усилением и большей граничной частотой. Потери в усилении можно компенсировать включением дополнительно таких же каскадов. Каскадное соединение, однако, всегда приводит к сужению полосы пропускания. Рассмотрим вариант, в котором сужение полосы пропускания меньше увеличения коэффициента усиления. Коррекция возможна вследствие увеличения площади усиления.*

*ВЧ коррекция, операционный усилитель, каскад, Fastmean.*

На рис. 1 изображены асимптотические АЧХ ОУ без ОС ( $\mu$ ) и с ОС, обеспечивающими разные коэффициентах усиления  $K_1$  и  $K_2$ . Поскольку во всех этих вариантах площадь усиления одинакова, справедливы следующие соотношения  $K_1 f_{p1} = K_2 f_{p2}$  и  $f_{p2} = f_{p1} K_1 / K_2$ .

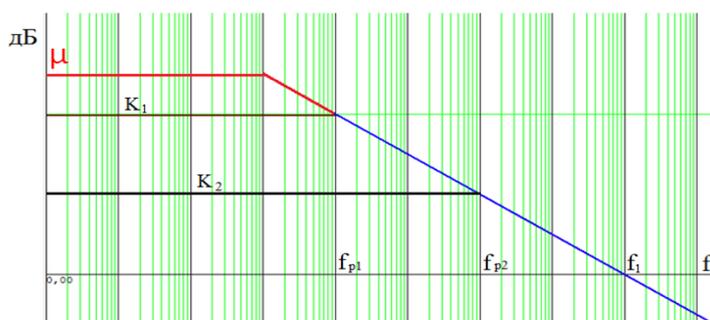


Рис. 1. Асимптотические АЧХ ОУ

На рис. 2 показаны соответствующие схемы, построенные на ОУ ОРА622. Его параметры  $\mu = 80$  дБ,  $f_1 = 10^6$ . Макромодель этой ИМС заключена в подсхемы SUB1, SUB2, SUB3. Коэффициенты усиления  $K_1 = 100$ ,  $K_2 = 10$ . Такой выбор удобен для дальнейших преобразований. Гладкие характеристики изображены на рис. 3.

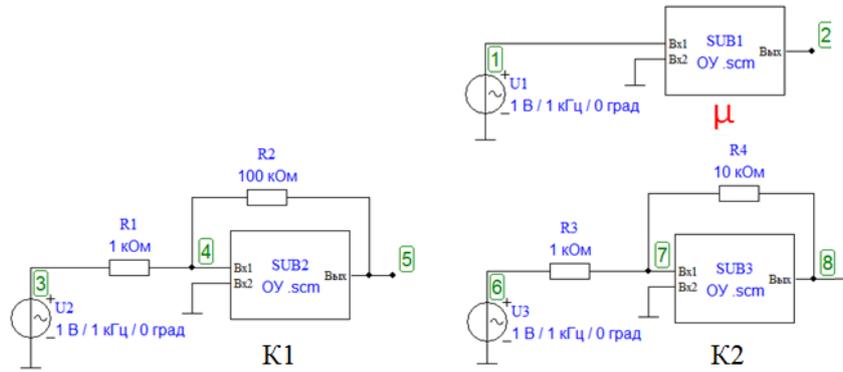


Рис. 2. Схемы на ОУ с характеристиками рис. 1

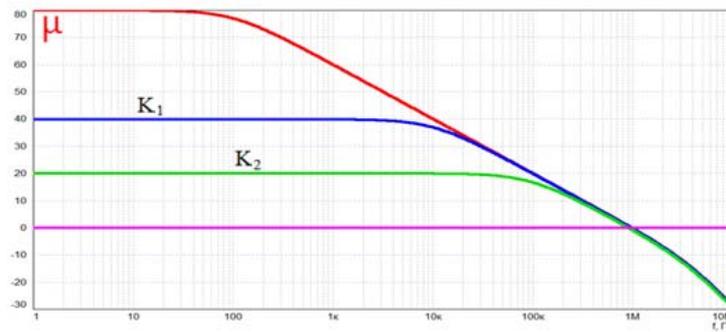


Рис. 3. Гладкие характеристики ОУ, соответствующие рис. 1

Рассмотрим АЧХ усилителя с коэффициентом усиления  $K_1 = 100$  и двухкаскадного усилителя с  $K_2 = 10$  в каждом каскаде (рис. 4).

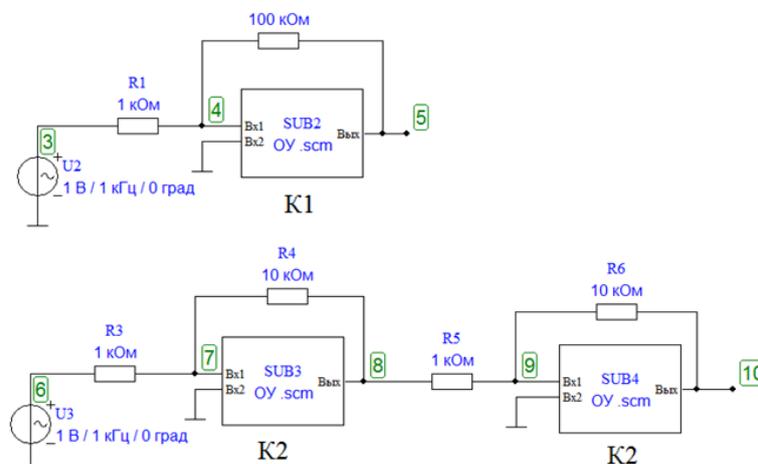


Рис. 4. Схемы усилителей, выполненных по условию  $K_1 = K_2^2$

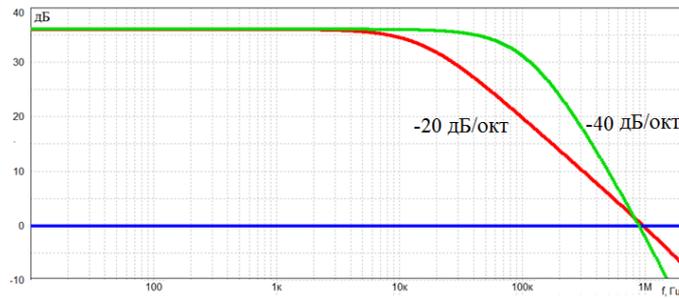


Рис. 5. АЧХ одно- и двухкаскадного усилителя с одинаковыми коэффициентами на НЧ

В общем случае АЧХ с одним полюсом определяется выражением  $K(f) = \frac{K}{\sqrt{1+(f/f_p)^2}}$ . Для получения АЧХ с двумя одинаковыми полюсами его надо возвести в квадрат. Верхняя граничная частота находится по равенству знаменателя корню из двух  $\frac{K_2^2}{1+(f/f_{p2})^2} = \frac{K_2^2}{\sqrt{2}}$ . Откуда  $f^2 = 0,414f_{p2}^2$  и  $f = 0,643f_{p2}^2 = 0,643f_{p1}K_1/K_1$ .

Для  $K_1 = K_2^2$   $f = 0,643f_{p1}\sqrt{K_1}$ .

При  $f_{p1} = 10$  кГц и  $K_1 = 100$  получаем верхнюю граничную частоту 64,3 кГц (рис. 5).

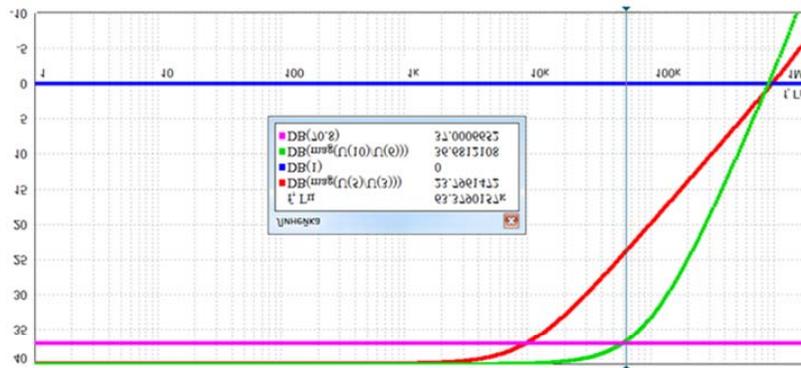


Рис. 5. Увеличение граничной частоты дополнительным каскадом усиления

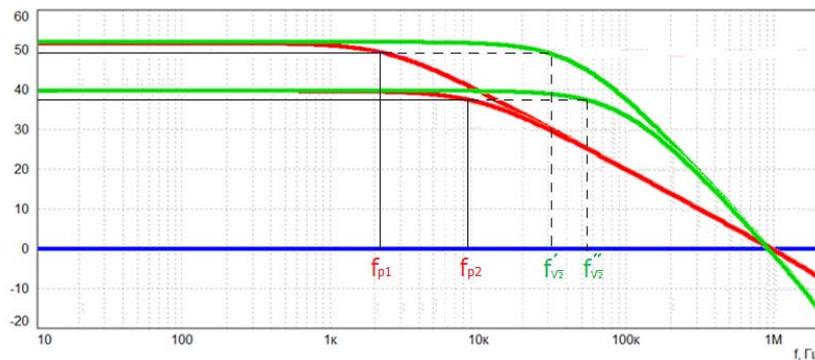


Рис. 6. Коррекция АЧХ при различных коэффициентах усиления

Рис. 6 показывает, как изменяются АЧХ при разных коэффициентах усиления. В примере верхняя пара кривых построена для  $K_1 = 400$  и  $K_2 = 20$ . В этом случае приращение АЧХ очевидно больше, тем не менее, сама граничная частота оказывается меньше. Такой же эффект по отношению к выше расположенной АЧХ будет наблюдаться, если коэффициенты усиления уменьшать.

#### Список используемых источников

1. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники. М. : Бином, 2014. 706 с. ISBN 978-5-9518-0351-1.

2. Алексеев А. Г., Климова П. В. К расчету широкополосного усилителя-фотоприемника // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. IV Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. СПб., 2015. С. 594–597.

УДК 621.375(075.8)

## НОВАЯ ВЕРСИЯ МАКРОМОДЕЛИ ОУ С ЧАСТОТНОЙ КОРРЕКЦИЕЙ

А. Г. Алексеев, Л. А. Селиверстов

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*В учебном процессе много лет используется макромодель ОУ, содержащая ИТУН. Предлагается вариант, построенный из фрактального соединения трёх идеальных ОУ и двух частотно-зависимых пассивных звеньев, формирующих полюсы в функции передачи. Особое внимание уделено второму. Получены выражения для расчёта частоты единичного усиления с требуемой точностью.*

*частотная коррекция, операционный усилитель, каскад, Fastmean.*

ОУ в программе Fastmean обладает свойствами идеального усилителя. Для создания на его основе макромодели, позволяющей исследовать АЧХ, ФЧХ и ПХ схем стандартных ОУ необходимо ввести в имеющуюся модель частотно-зависимые элементы, формирующие реальные характеристики микросхем.

Макромодель, используемая в учебном процессе, подробно описана в [1]. Новый вариант макромодели (рис. 1) содержит три однородных блока. Их элементная база ОУ. Первый и третий ОУ выполняют те же функции, которые им отводились в первой макромодели. Частотно-зависимые звенья

подключаются к выходам ОУ1 и ОУ2. Средний ОУ2 исключает влияние RC-цепей друг на друга и позволяет устанавливать независимо частоты полюсов.

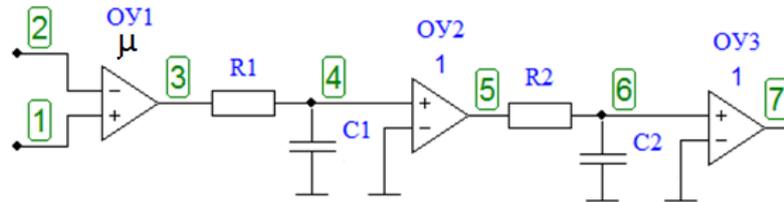


Рис. 1. Новая макромодель ОУ

Понятие ОУ с полной частотной коррекцией ассоциируется с АЧХ прибора, имеющего однополюсную функцию передачи. Асимптотическое представление такой функции имеет один излом на частоте  $f_p$  и падающий участок с наклоном  $-20$  дБ/дек, пересекающий осевую линию на частоте  $f_1$  (рис. 2). На этой частоте коэффициент усиления равен единице, т. е.  $K(f_1) = 1$ , что соответствует 0 дБ.

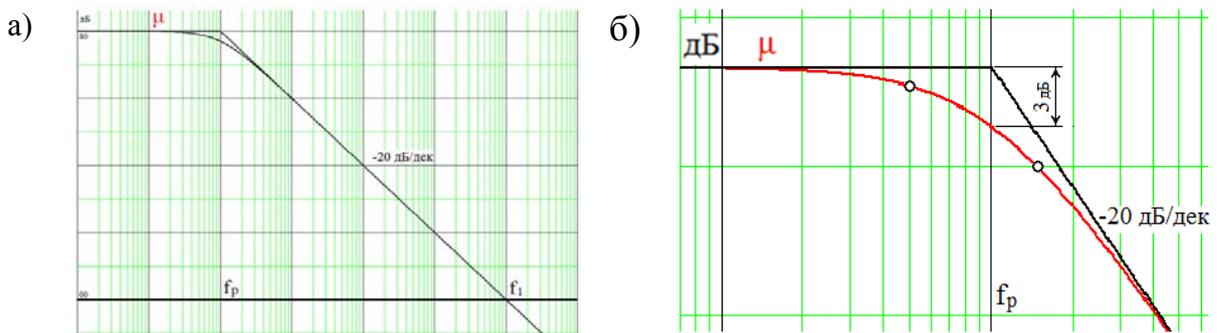


Рис. 2. АЧХ однополюсной функции передачи (а) и АЧХ в области частоты полюса (б)

На частоте полюса точная АЧХ (рис. 3) проходит ниже асимптотической на 3 дБ. На октаву влево и вправо это различие уменьшается до 1 дБ, ещё через октаву до 0.4 дБ. Как правило, такой погрешностью уже пренебрегают.

Модуль однополюсной передаточной функции можно представить в виде:

$$K(f) = \mu / \sqrt{1 + (f/f_p)^2}, \text{ откуда } f_p = f_1 / \sqrt{\mu^2 - 1} \approx f_{q1} / \mu.$$

Оба этих параметра являются паспортными данными ОУ. Правда в последнее время фирмы не всегда указывают значения  $\mu$ . Можно же построить усилитель с ОС, не зная его.

Функция передачи реальных ОУ имеет всегда больше одного полюса.

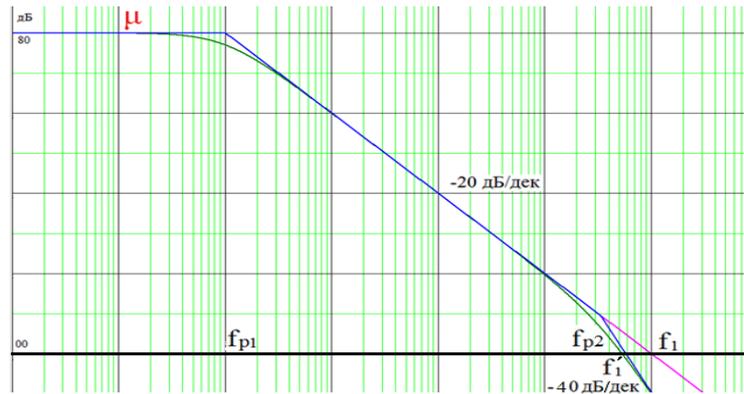


Рис. 4. АЧХ двухполюсной функции

При частотной коррекции они не пропадают, а перемещаются в область частот, где  $K(f) < 1$ . Макромодель ОУ учитывает два полюса (рис. 1).

АЧХ двухполюсной функции передачи и её асимптотический портрет изображены на рис. 4. Коэффициент усиления для этого случая можно представить в виде двух сомножителей:

$$K(f) = \frac{\mu}{\sqrt{1+(f/f_{p1})^2}} \frac{1}{\sqrt{1+(f/f_{p2})^2}}. \quad (1)$$

Первый сомножитель полностью описывает АЧХ однополюсной функции. Второй сомножитель показывает влияние второго полюса  $f_{p2}$ . Асимптоты на АЧХ имеют две точки сопряжения на частотах  $f_{p1}$  и  $f_{p2}$ . Суммарный наклон после  $f_{p2}$  составляет  $-40$  дБ/дек. Второй полюс увеличивает наклон АЧХ и тем самым снижает модуль коэффициента передачи. Более крутой спад на этом участке приводит к пересечению осевой линии на частоте ниже  $f_1$ , что, естественно, приводит к уменьшению диапазона усиливаемых частот, так как эта новая частота пересечения с осью теперь становится частотой единичного усиления  $f_1^1$ . Далее частоту  $f_1$  в однополюсной функции будем называть исходной.

Для сохранения исходной частоты  $f_1$  необходимо так выполнить частотную коррекцию ОУ, чтобы увеличилась частота второго полюса  $f_{p2}$ . Для решения этой задачи рассмотрим второй сомножитель (1). Вторым полюсом не будет изменять АЧХ, если частоту второго полюса сделать бесконечно большой. Это, однако, невыполнимо.

На исходной частоте  $f_1$  влияние второго полюса определяется отношением  $f_1/f_{p2}$ . Когда оно равно 1, второй сомножитель в (1) равен  $1/\sqrt{2}$ . Это значит, что на единичной частоте уровень усиления на 3 дБ ниже нуля (рис. 5). Определённая ранее частота  $f_1$  утрачивает статус частоты единичного усиления. Выразим частоту полюса  $f_{p2}$  через исходную частоту  $f_1$ , например,  $f_{p2} = nf_1$ . Тогда коэффициент влияния второго полюса примет вид

$$\frac{1}{\sqrt{1+(f/f_{p1})^2}} = \frac{1}{\sqrt{1+(f_1/nf_{p1})^2}} = \frac{n}{\sqrt{n^2+1}}$$

Изменяя  $n$ , можно влиять на точность прохождения АЧХ через осевую линию.

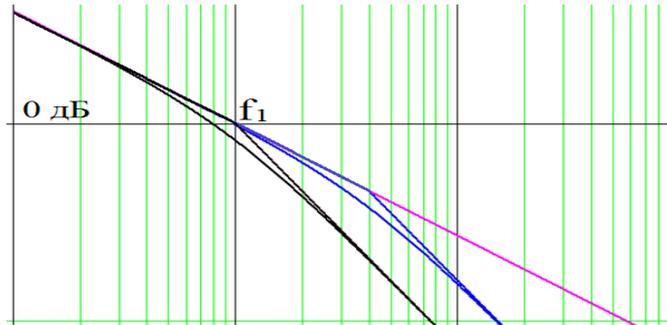


Рис. 5. Влияние реальной АЧХ на частоту единичного усиления

Влияние частоты  $f_{p2}$  на исходной частоте единичного усиления  $f_1$  иллюстрирует рис. 5.

ТАБЛИЦА. Точность установки частоты  $f_1$

$f_{p2}/f_1$ ( $n$ )	1	2	3	4
$C_2$ , пФ	160	80	56	40
$K(f_1)$ , дБ	-3	-1	-0.5	-0,4
$f_{1N}$ , кГц	787	906	950	974

Таблица показывает влияние второго полюса на точность установки исходной частоты  $f_1$ . Приведены погрешности АЧХ  $K(f_1)$  на исходной частоте единичного усиления  $f_1$  и определены действительные частоты  $f_{1N}$  двухполюсной макромодели ОУ. Выбор частоты  $f_{p2}$  противоречив. При гармоническом сигнале хорошую точность даёт  $n = 4$ . В тоже время на фронте прямоугольного импульса в схеме повторителя напряжения пропадает выброс, который в действительности существует (рис. 6).

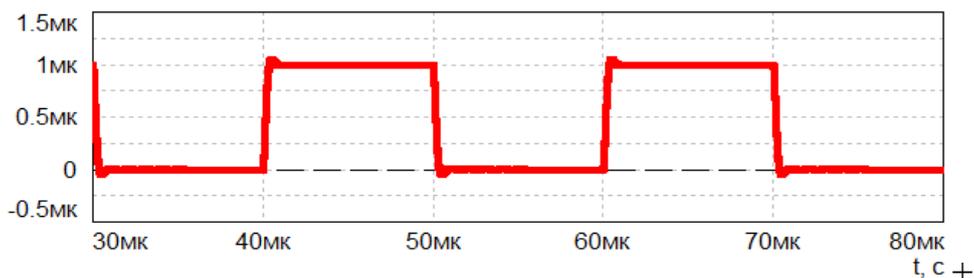


Рис. 6. Форма сигнала на выходе повторителя в реальном ОУ

По-видимому, в МС ОУ частота второго полюса близка к  $f_1$ . В таком случае лучше выбирать  $n$  от двух до трёх.

Макромоделью ОУ удобно пользоваться, поместив её в под-схему (рис. 7).



Рис. 7. Компактный вариант макромодели ОУ и её АЧХ

На рис. 7 приведена схема измерения и вид АЧХ ОУ. Модель выполнена с  $n = 3$  для МС семейства 741 (К140УД7).

#### Список используемых источников

1. Алексеев А. Г., Климова П. В. К расчёту резисторных каскадов : метод. указания, СПбГУТ. СПб., 2011. URL: [www.seusat.narod2.ru](http://www.seusat.narod2.ru).

УДК 621.375(075.8)

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТОКОВОГО ЗЕРКАЛА С ПОМОЩЬЮ ВОЛЬТ-АМПЕРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

А. Г. Алексеев, В. А. Филин

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*Схема токового зеркала содержит, по крайней мере, два транзистора. Один из них, в диодном включении, назовём ведущим, другой – ведомым. Преобразуя первый по методу Тевенина в эквивалентный генератор, получаем схему удобную для анализа. По ней находим точку покоя на входных характеристиках ведомого транзистора. Расчёты и построения при различных температурах дают траекторию этой точки и множество нагрузочных линий. В программе Fastmean получаем наглядное представление о работе токового зеркала.*

*токовое зеркало, каскад, Тевенин, Fastmean.*

Токовое зеркало – наилучший вариант построения источников неизменного, постоянного тока. В подавляющем большинстве публикаций обсуждаются вопросы оценки их «зеркальных» свойств или уменьшения выходной проводимости. Изредка встречаются указания на хорошую температурную компенсацию в идентичных транзисторах, но именно эти схемные структуры позволили решить вопрос термостабилизации в ИМС. Ниже иллюстрируется поведение токового зеркала при изменении температуры окружающей среды.

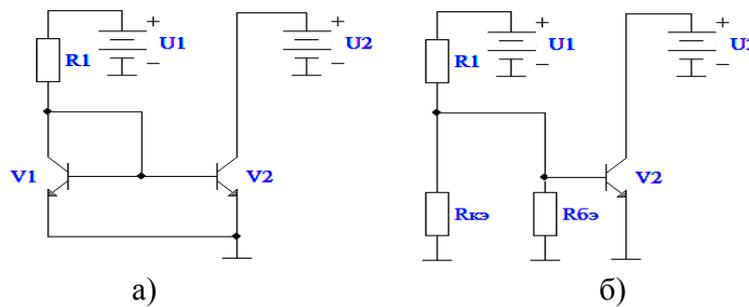


Рис. 1. Простая схема токового зеркала а), предварительное преобразование б)

На рис. 1, а изображена простая схема токового зеркала. Токозадающим является левое плечо. Источником неизменного тока служит правое плечо. Для анализа необходимо использовать преобразование к эквивалентному генератору по Тевенину. На рис. 1б показано предварительное преобразование в этом направлении. Транзистор V1 заменён его внутренними сопротивлениями на постоянном токе между базой и эмиттером ( $R_{бэ}$ ) и коллектором и эмиттером ( $R_{кэ}$ ).

Исследование выполняется в программе EWB (*Elektronics Workbench*). В ней предусмотрена возможность изменять температуру. Схема, соответствующая рис. 1а изображена на рис. 2. Выбраны транзисторы BC107, установлены токи коллекторов по 1 мА. Токи баз и напряжение на базах устанавливаются автоматически.

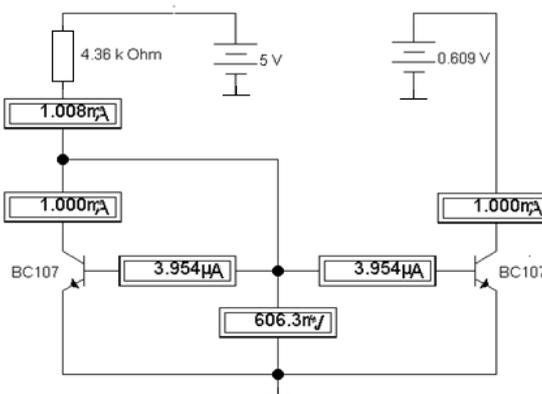


Рис. 2. Токовое зеркало с измерительными приборами ( $27^0$  C)

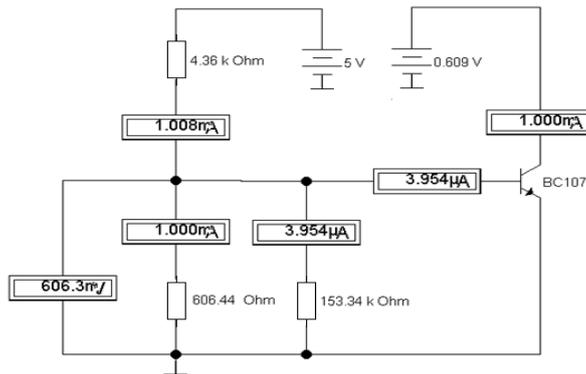


Рис. 3. Подтверждение правильности преобразования по рис. 1б

По рис. 3 находим напряжение эквивалентного генератора  $E_B$  и его внутреннее сопротивление  $R_B$  (рис. 4).

На предварительно построенной входной ВАХ проводим нагрузочную характеристику и находим точку покоя  $A$ .

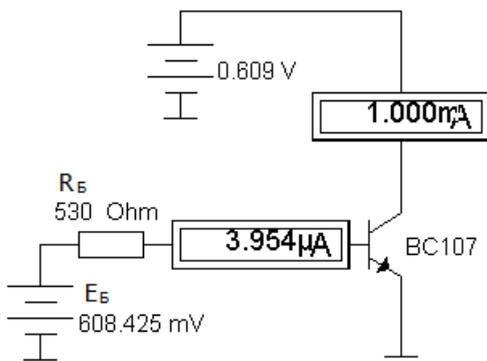


Рис. 4. Схема токового зеркала, преобразованная по Тевенину, при  $27^0$  C

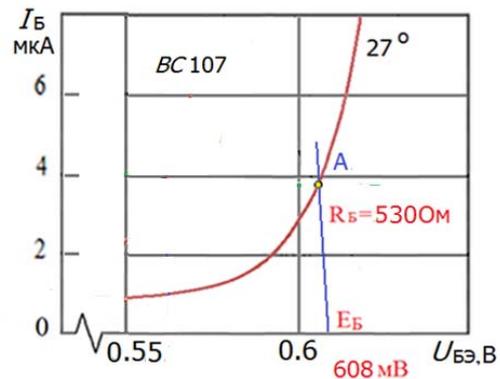


Рис. 5. Точка покоя на входных ВАХ

Аналогичные преобразования выполняются для других температур.

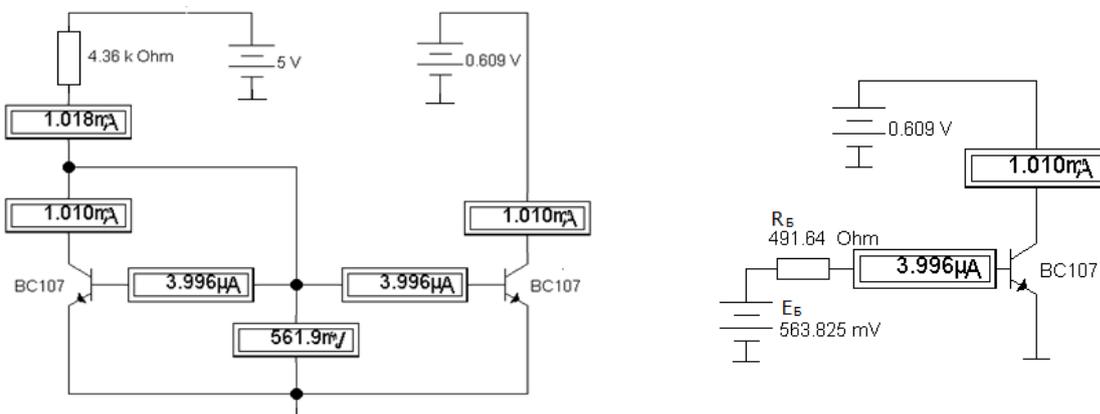
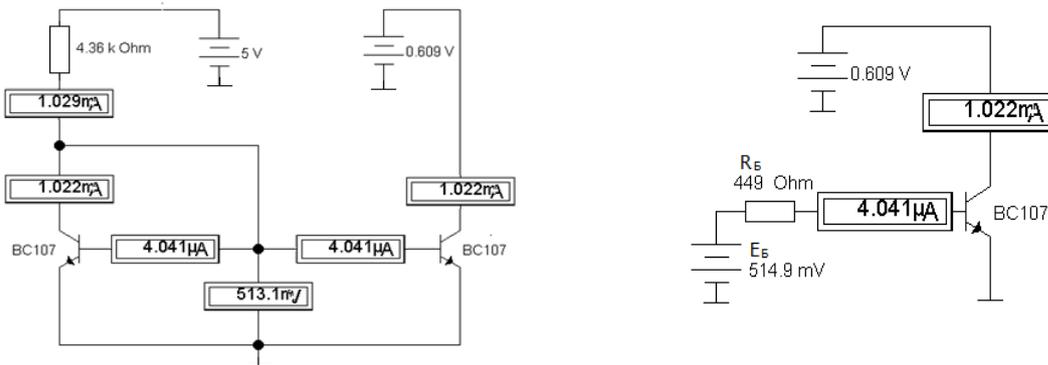


Рис. 6. Показания приборов и эквивалентная схема при  $50^0$  C

Рис. 7. Показания приборов и эквивалентная схема при  $75^{\circ}\text{C}$ 

На рис. 8 показаны положения кривых на входных ВАХ при разных температурах. Построены нагрузочные линии и указаны точки покоя. С ростом температуры ВАХ смещается влево, что могло бы привести к увеличению тока покоя. Одновременно с этим уменьшаются напряжения эквивалентных генераторов  $E_B$ , что приводит к компенсации изменений в транзисторе.

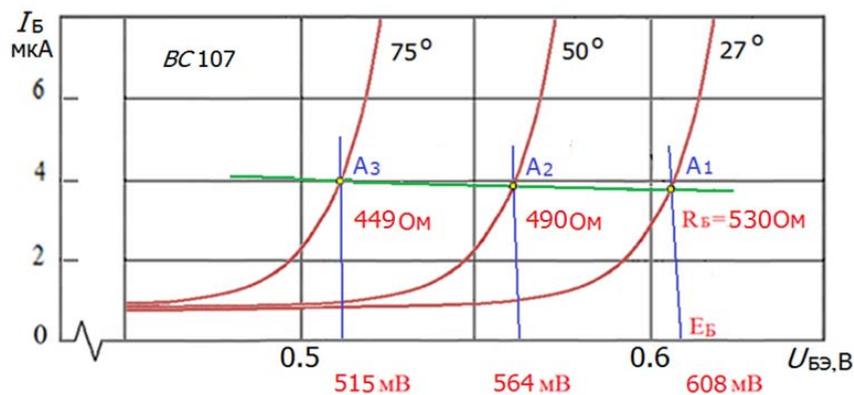


Рис. 9. Процесс компенсации температурных изменений в токовом зеркале

Траектория точек покоя  $A_1 \dots A_3$  имеет вид прямой с небольшим наклоном, что характерно для смещения с фиксированным током. Нагрузочные линии, круто идущие вверх, признак низкоомных базовых цепей. Эта особенность существенно снижает влияние обратного тока коллектора  $I_{КБ0}$ .

#### Список используемых источников

1. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника: пер. с нем. Т. 1. М.: Додэка XXI, 2015. 832 с. Т. 2. М.: Додэка XXI, 2015. 944с. ISBN 978-5-94120-200-3 (том 1), 978-5-94120-201-0 (том 2).
2. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники. М.: Бином, 2014. 706 с. ISBN 978-5-9518-0351-1.

УДК 621.3

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПЕТЛЕВОГО УСИЛЕНИЯ НА ПОСТОЯННОМ И ПЕРЕМЕННОМ ТОКЕ

А. Г. Алексеев, В. А. Юрова

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*При расчёте глубины ОС практически не делается различий в подстановке параметров транзисторов для переменного и постоянного токов. Коэффициенты усиления тока базы принято считать одинаковыми, и это не сильно противоречит истине. Входное сопротивление на постоянном токе, однако, в десятки раз может превосходить аналог на переменном токе. Дан пример разрыва петли ОС на постоянном токе и расчёт коэффициента петлевого усиления. Приведено сравнение глубин ОС для разных условий.*

*обратная связь, биполярный транзистор, постоянный ток, переменный ток, коэффициент передачи.*

Для стабилизации режима работы транзисторов чаще всего используется обратная связь (ОС). Режим покоя поддерживает ОС на постоянном токе. На частоте сигнала эта ОС приводит к снижению усиления. Поэтому она, как правило, в полосе пропускания устраняется. Однако, если этого не сделать, будут действовать две петли ОС: одна на постоянном токе, другая на переменном. Это не две независимые цепи, в них содержатся индивидуальные и общие элементы. На простой схеме показано определение глубины ОС каждой из них.

Исследование проводится на основе программы Electronics Workbench (EWB) [1]. На рис. 1а приведена схема цепей питания биполярного транзистора с эмиттерной стабилизацией. ОС в схеме создаётся резистором эмиттерной цепи  $R_4$ . Определение коэффициента петлевого усиления  $K_{\Pi}$  облегчает преобразование схемы по методу эквивалентного генератора (рис. 1б) [2, 3]. Начинаем исследование с постоянного тока.

Для определения  $K_{\Pi}$  петлю ОС размыкают (рис. 2). В компьютерном варианте это легко выполняется на входе активного прибора, в данном случае транзистора. К входу полученной цепи присоединяют автономный источник сигнала, предварительно выключив действующий до размыкания ( $E_B$ ). Выход разомкнутой петли нагружают на сопротивление, равное тому, которое имело место там до размыкания петли ОС, т. е. на входное сопротивление транзистора. После этого можно проводить измерения

или расчёт коэффициента петлевого усиления и затем определить глубину ОС [4].

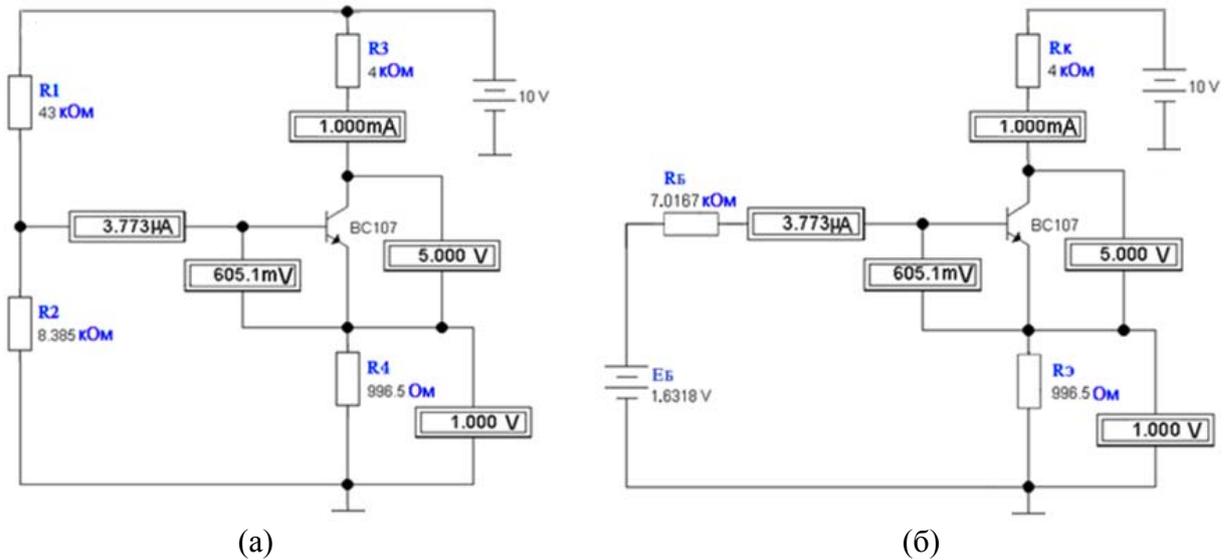


Рис. 1. Исследуемая схема (а) и преобразованная к эквивалентному генератору (б)

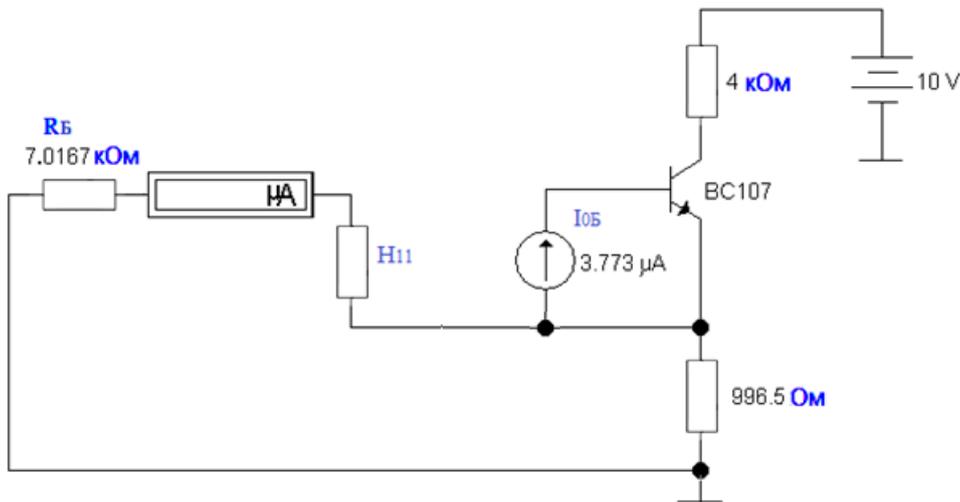


Рис. 2. Разомкнутая петля ОС

В биполярном транзисторе входное сопротивление между базой и эмиттером на постоянном токе определяется отношением приложенного к переходу постоянного напряжения к постоянному току базы  $H_{11} = U_{БЭ} / I_{0Б}$  (рис. 1а).

Размыкание петли ОС выполняем на входе активного прибора – на базе транзистора BC107. Коэффициент петлевого усиления можно определять, как по отношению напряжений, так и по отношению токов. Результат будет одинаковым. С биполярным транзистором второй вариант предпочтительней. В этом случае на вход петли подключается источник тока со значением

тока, равным току базы (аналогично рис. 1). Нагрузкой петли является входное сопротивление транзистора на постоянном токе  $H_{11} = 160,3$  кОм. Эта величина получена по показаниям приборов на базе транзистора (рис. 1). Согласно рис. 3 входной ток разомкнутой петли ОС равен  $3,773$  мкА, выходной –  $5,945$  мкА. Это соответствует коэффициенту петлевого усиления  $1,575$ . Таким образом, глубина ОС  $F_0$  на постоянном токе в исследуемой схеме весьма скромная, всего лишь  $2,575$ , что объясняется высоким входным сопротивлением  $H_{11} = 160,3$  кОм.

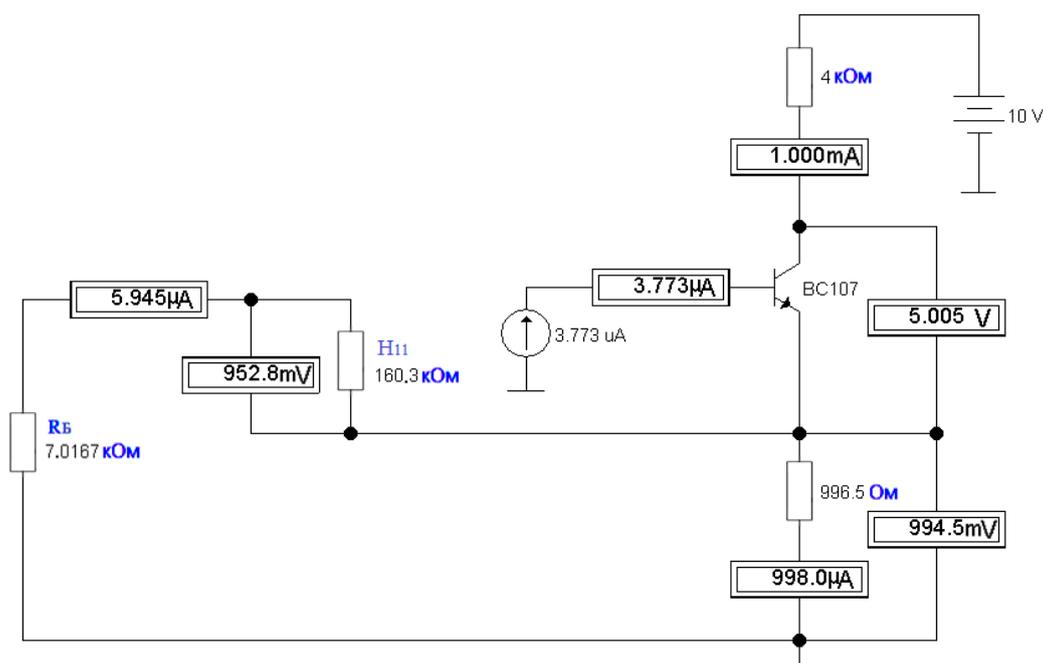


Рис. 3. Разомкнутая петля ОС на постоянном токе

Резистор ОС, не зашунтированный конденсатором большой ёмкости, будет создавать ОС на переменном токе [5]. Размыкание петли этой ОС выполняется аналогично. На вход разомкнутой петли, естественно, следует подавать сигнал переменного тока. Традиционно исследуемую схему преобразуют в эквивалентную на переменном токе. При этом устраняются источники питания, а транзистор заменяется его эквивалентной схемой. Расчёт  $K_{\Pi}$  в полученной эквивалентной схеме практически не отличается от проведённого на постоянном токе. Важно помнить, что входное сопротивление транзистора на переменном токе определяется постоянным током базы и температурным потенциалом  $U_T$ , равным в нормальных условиях  $25\dots 26$  мВ. Таким образом, входное сопротивление транзистора в режиме, показанном на рис. 1, составляет  $h_{11} = 6,8$  кОм. Кроме того, коэффициент петлевого усиления на переменном токе зависит от внутреннего сопротивления источника сигнала переменного тока  $R_{\Gamma}$ , подключаемого ко входу

усилителя (точка соединения резисторов  $R_1$  и  $R_2$  на рис. 1). Максимальная глубина ОС будет при  $R_{\Gamma} = 0$ .

Воспользоваться эквивалентной схемой для анализа ОС на переменном токе в программе EWB не представляется возможным. Программа содержит библиотеку транзисторов с нелинейной моделью. Измерения на переменном токе необходимо проводить с сохранением режима работы транзистора на постоянном токе. Вследствие этого необходимо в схему рис. 3 ввести переменную составляющую. На рис. 4 в петлю ОС дополнительно включён источник входного переменного тока 0,1 мкА. К счастью программа позволяет совместную работу двух разнородных источников. Элементы  $R_B$  и  $H_{11}$  расположены в левой части схемы. Нагрузкой петли на переменном токе является входное сопротивление транзистора на переменном токе  $h_{11} = 6,8$  кОм. Элементы  $R_B$  и  $H_{11}$  вносят незначительную погрешность, поскольку  $H_{11} \gg h_{11}$ . В случае необходимости можно разделить эти элементы с помощью индуктивности или ёмкости.

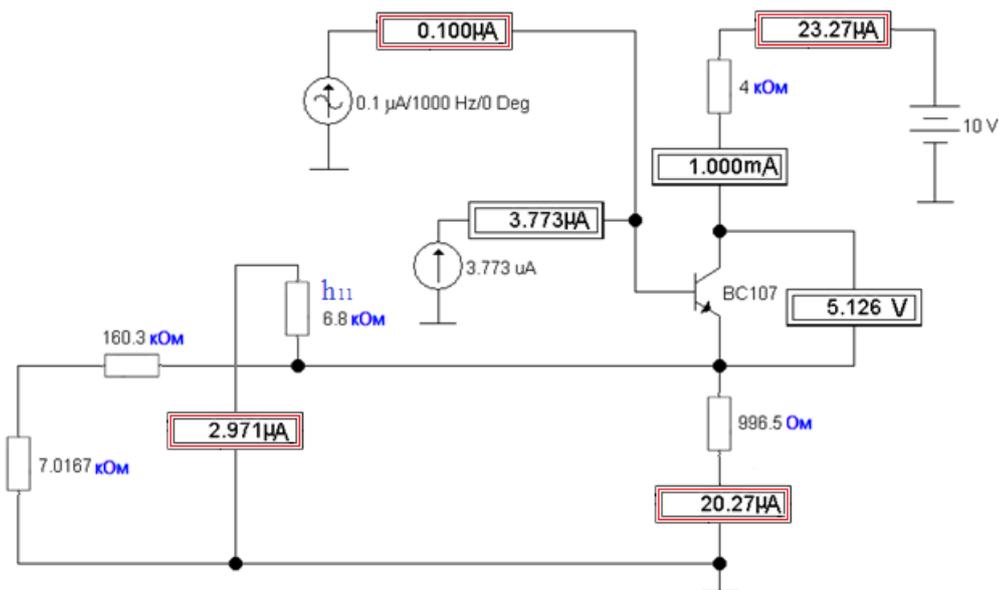


Рис. 4. Разомкнутая петля ОС для измерения  $K_{\Pi}$  на переменном токе

Ток переменной составляющей выбран 0,1 мкА, чтобы он был наверняка меньше постоянной составляющей. Приборы, измеряющие переменный ток выделены затемнёнными рамками. Принято считать, что коэффициент усиления тока базы на постоянном и переменном токе одинаково велики. В справочниках их не разделяют. В схеме рис. 4 на постоянном токе  $H_{21} = 265$ , на переменном токе  $H_{21} = 232,7$ . При внутреннем сопротивлении источника входного сигнала  $R_{\Gamma}=0$  согласно показаниям выходного микроамперметра петли  $K_{\Pi} = 2,971 / 0,1 = 29,71$ , а глубина ОС на переменном токе  $F = 30,71$ . Если сигнал переменного тока подавать от 50-омного источника, глубина ОС уменьшится до  $F = 30,48$ .

**Список используемых источников**

1. Панфилов Д. И., Иванов В. С., Чепурин И. Н. Электротехника и электроника в экспериментах и упражнениях: Практикум на Electronics Workbench: в 2 т. М. : Додэка, 2001. Т. 1, 2. 600 с.
2. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники: в 3-х томах / Пер. с англ. М. : Мир, 2001.
3. Джонс М. Х. Электроника – практический курс / Пер. с англ. М. : Постмаркет, 1999, 528 с.
4. Алексеев А. Г., Климова П. В., Юрова В. А. Схемотехника телекоммуникационных устройств. Обеспечение устойчивости операционных усилителей: учеб. пособие. СПб. : СПбГУТ, 2014. 55 с.
5. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника. М. : Мир, 1982, 430 с.

УДК 621.3

**СТАБИЛИЗАЦИЯ РЕЖИМА  
В БИПОЛЯРНЫХ ТРАНЗИСТОРАХ****А. Г. Алексеев, В. А. Юрова**

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*Большое входное сопротивление база-эмиттер транзистора на постоянном токе ограничивает соответствующую глубину ОС. Тем не менее, усилительные каскады могут удовлетворительно работать при глубине ОС всего в несколько единиц. Рассмотрена работа схем при замене транзисторов. Кроме глубины ОС важным фактором стабилизации является изменение тока базы. Показано, что замена транзистора приводит не только к изменению коэффициента усиления тока базы, но и к изменению самого этого тока. Возникает их противодействие. Этот процесс коррелирован с глубиной ОС.*

*обратная связь, глубина ОС, возвратная разность, усилитель, нули, транзистор.*

Входное сопротивление постоянному току между базой и эмиттером порой на два порядка превышает сопротивление перехода на переменном токе. По этой причине коэффициенты петлевого усиления, и, следовательно, глубина ОС на постоянном токе, едва ли могут быть большими. Программа EWB даёт наглядное представление о функционировании схем на постоянном токе. Библиотека транзисторов и большой арсенал измерительных приборов позволяют анализировать схемы, используя параметры транзисторов, соответствующие заданным условиям их использования [1].

Выбранный режим покоя в коллекторной цепи ( $I_{0K} = 1\text{ мА}$ ,  $U_{КЭ} = 5\text{ В}$ ) на транзисторе BC107 можно получить при напряжении на базе, равном 605,12 мВ. Этот транзистор рассматривается далее, как эталонный. С ним сравниваются транзисторы BC109C и BC394.

По данным измерений входное сопротивление постоянному току  $H_{11} = E_{0Б} / I_{0Б} = 605,12\text{ мВ} / 3,773\text{ мкА} = 160,38\text{ кОм}$  (заметим, что на переменном токе в этом режиме  $h_{11} = 6,62\text{ кОм}$ ), коэффициент усиления тока  $H_{21} = I_{0К} / I_{0Б} = 1,0\text{ мА} / 3,773\text{ мкА} = 265$ . Изменяя напряжения источников питания можно получать информацию о статических вольт-амперных характеристиках (ВАХ) [2, 3].

Сначала рассмотрим схемы без ОС. На рис. 2а показана схема с фиксированным напряжением на базе, выполненная на эталонном транзисторе. Режим на постоянном токе сохранён согласно рис. 1 и обеспечивается базовым делителем. Для удобства сравнения этой схемы с другими на рис. 2б её базовая цепь преобразована по методу эквивалентного генератора [3, 4].

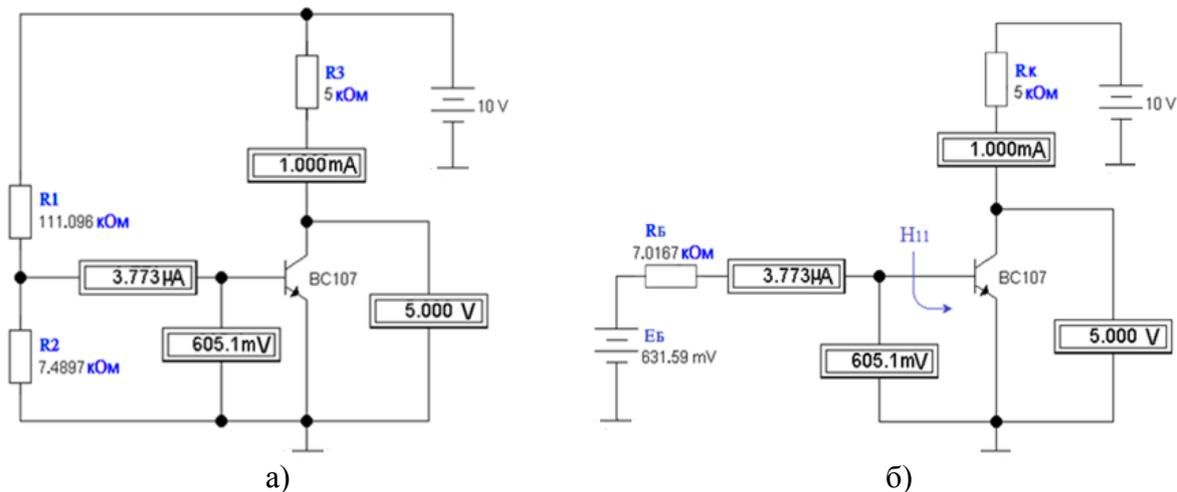


Рис. 2. Схема смещения с фиксированным напряжением на базе (а), преобразованная по методу эквивалентного генератора (б)

Замена транзистора BC107 в схеме рис. 2 на другой (BC109C или BC394) приводит к изменению координат точки покоя на входных и выходных статических характеристиках в этих транзисторах (рис. 3 и рис. 4). Ток покоя коллектора  $I_{0K} = E_{Б} \cdot H_{21} / (R_{Б} + H_{11})$  зависит от параметров эквивалентного генератора и транзистора. Для сравнения схем можно использовать выражение:

$$\frac{I_{0K2}}{I_{0K1}} = \frac{H_{212}}{H_{211}} \cdot \frac{R_{Б1} + H_{111}}{R_{Б2} + H_{112}} \quad (1)$$

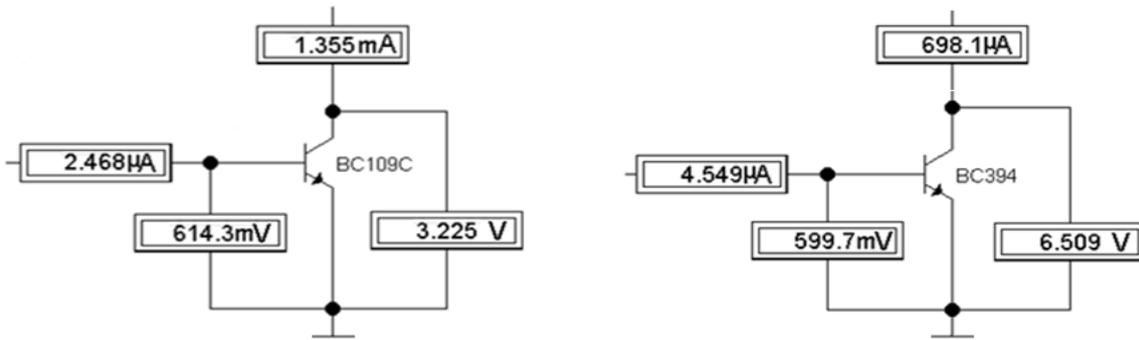


Рис. 3. Координаты точек покоя при других транзисторах в схеме рис. 2б

Теперь рассмотрим схемы с ОС. На рис. 5 показана схема с эмитерной стабилизацией на эталонном транзисторе BC107. В этой схеме сохранён исходный режим покоя согласно рис. 1 и выбраны резисторы базового делителя, дающие сопротивление  $R_B$ , совпадающее с таким же в схеме без ОС. Метод эквивалентного генератора облегчает сравнение схем при замене транзисторов. Изменение координат точек покоя иллюстрирует рис. 5.

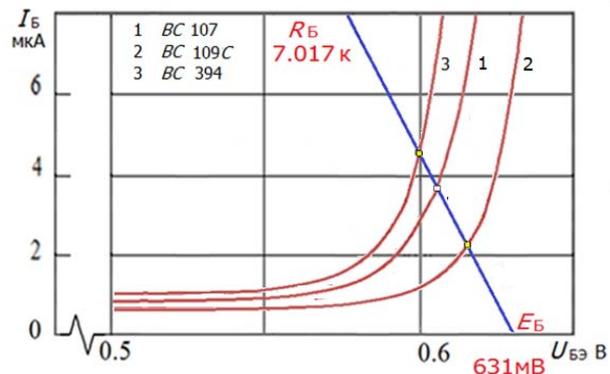


Рис. 4. Координаты точек покоя и нагрузочная линия на входных ВАХ

Глубина ОС в схеме рис. 5 (см. ниже) рассчитывается по  $F = 1 + H_{21} \cdot R_{Э} / (R_B + H_{11} + R_{Э})$ . Подставляя значения элементов эталонного транзистора BC107, получаем  $F = 1 + 265 \cdot 0,9965 / (7,016 + 160,3 + 0,9965) = 2,57$ . Транзисторы BC109C и BC394 дают глубину ОС 2.6 и 2.27 соответственно. Такие результаты не объясняют показания приборов на рис. 6 (см. ниже) и их связь с рис. 3.

На рис. 7 (см. ниже) показано ещё одно преобразование схемы рис. 5. Здесь сопротивление ОС  $R_{Э}$  пересчитано в базовую цепь. В таком представлении нагляднее его влияние на ток покоя коллектора  $I_{0K} = E_B \cdot H_{21} / (R_B + H_{11} + R_{Э}^*)$ .

Очевидно, что с ОС существенную роль на величину тока  $I_{0K}$  оказывает передача входной цепи, вследствие чего меняющийся параметр  $H_{21}$  оказывается как в числителе, так и в знаменателе.

А это приводит к уменьшению границ изменения тока. Для сравнения показаний приборов при любых двух транзисторах подобно (1) удобно использовать выражение:

$$\frac{I_{0K2}}{I_{0K1}} = \frac{H_{212}}{H_{211}} \cdot \frac{R_B + H_{111} + R_{Э} \cdot (1 + H_{212})}{R_B + H_{112} + R_{Э} \cdot (1 + H_{212})} \quad (2)$$

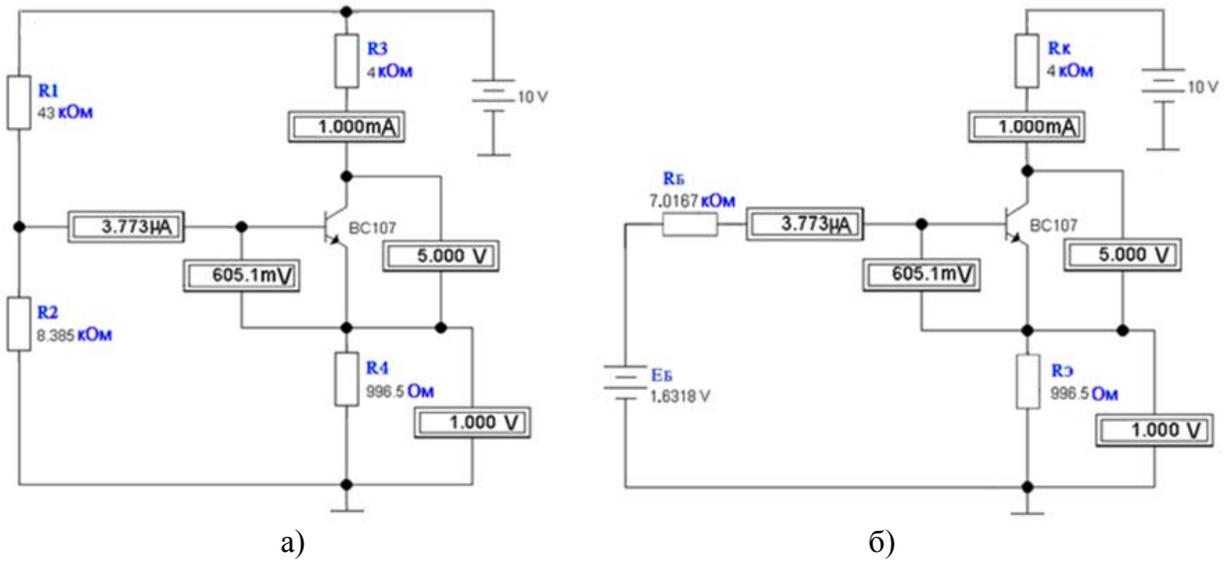


Рис. 5. Схема смещения с эмиттерной стабилизацией (а), преобразованная (б)

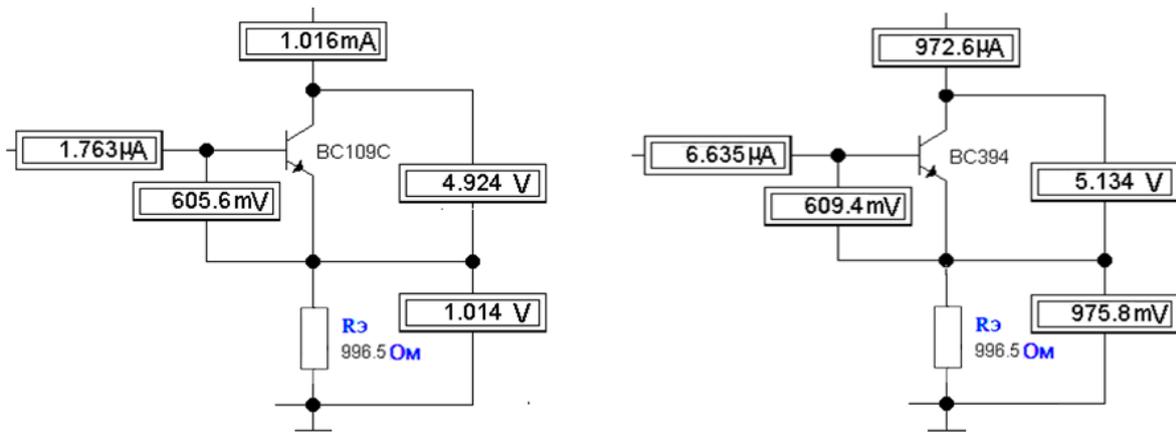


Рис. 6. Координаты точек покоя других транзисторов в схеме рис. 4б

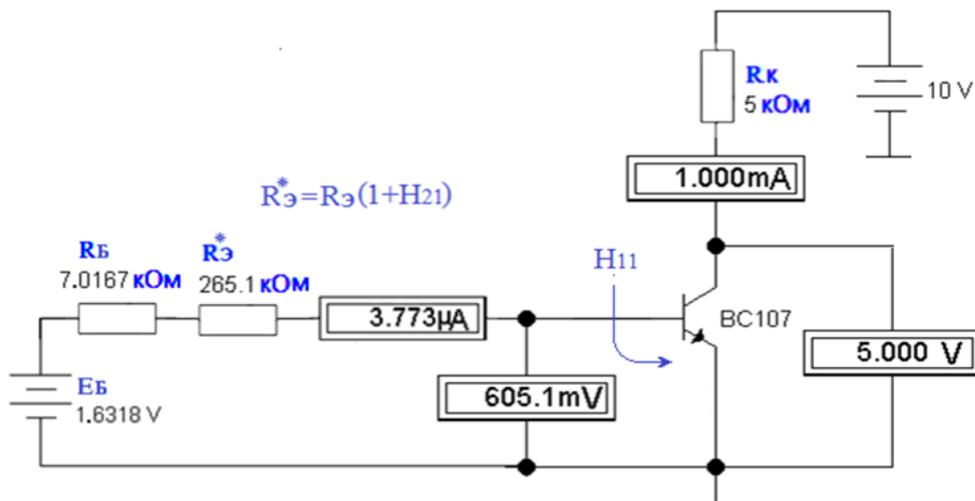


Рис. 7. Перенос сопротивления ОС  $R_5$  в базовую цепь

Сравнивая транзисторы BC107 и BC109C, получаем полное совпадение с показанием прибора на рис. 6.

$$\frac{I_{OK2}}{I_{OK1}} = \frac{576.3}{265} \cdot \frac{7 + 160.4 + 0.9965 \cdot (1 + 265)}{7 + 343.5 + 0.9965 \cdot (1 + 576.3)} = 2.174 \cdot 0.467 = 1.016$$

Аналогично, сравнение BC107 и BC394 даёт  $I_{OK3} / I_{OK1} = 0,553 \cdot 1,759 = 0,972$ . Параметры транзистора изменяются так, что большему значению  $H_{21}$  соответствует меньший ток базы. Это в свою очередь уменьшает передачу входной цепи. В итоге сомножители в (2) всегда изменяются в противоположном направлении: если возрастает первый сомножитель, то уменьшается второй и наоборот.

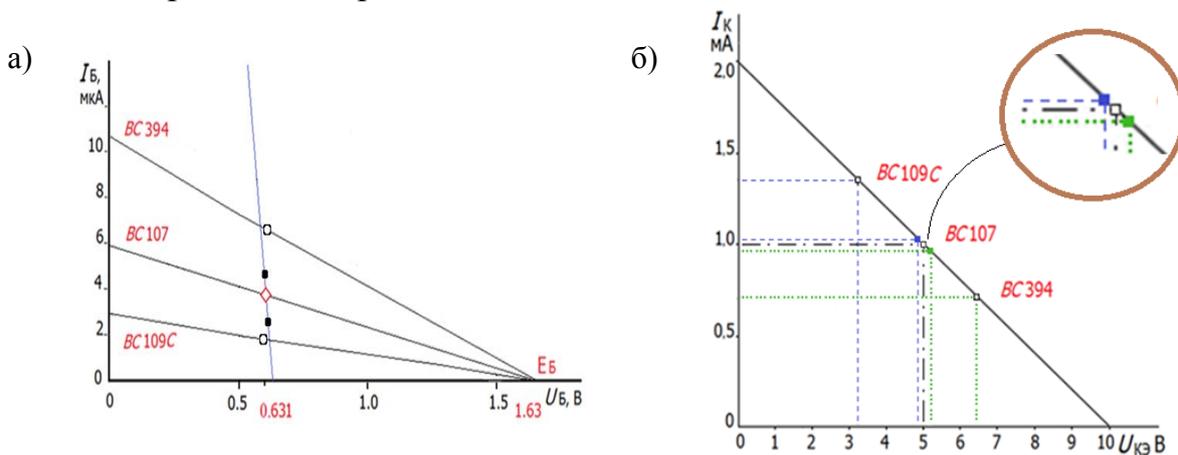


Рис. 8. Нагрузочные характеристики входной цепи (а) и выходной цепи (б)

На рис. 8а представлены нагрузочные характеристики базовой цепи. Луч, выходящий из точки (0, 0,631), изображает нагрузку эквивалентного генератора в схемах без ОС. В каждой схеме с ОС своя нагрузочная линия, что связано с различными значениями  $R_{Э}^*$ . На линиях нагрузки показаны точки покоя. В схемах с ОС они расположены дальше от эталонной точки. Это взаимно дополняет результаты (2) и объясняет расположение точек покоя на рис. 8б.

#### Список используемых источников

1. Панфилов Д. И., Иванов В. С., Чепурин И. Н. Электротехника и электроника в экспериментах и упражнениях: Практикум на Electronics Workbench: в 2 т. М. : Додэка, 2001. Т. 1, 2. 600 с.
2. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники: в 3-х томах / Пер. с англ. М. : Мир, 2001.
3. Джонс М.Х. Электроника – практический курс / Пер. с англ. М. : Постмаркет, 1999, 528 с.
4. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника. М. : Мир, 1982, 430 с.

УДК 621.396.67

## ШИРОКОПОЛОСНЫЕ КОНТУРНЫЕ АНТЕННЫ ДЛЯ ОБЪЕМНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ СВЧ

**Р. Р. Ахметов, Э. Ю. Седышев**

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*Построение ОИС СВЧ с использованием планарных логарифмических спиральных антенн открывает огромные перспективы ввиду широкого диапазона частот и круговой поляризации. В ходе исследования планарной спиральной антенны было показано, что ток течет по внешней части спирали, и, если исключить внутреннюю часть цельнометаллической структуры, характеристики излучателя остаются прежними. Работа является развитием метода проволочных эквивалентов. Результаты работы могут быть использованы и при производстве обычных СВЧ антенн, контурные антенны также помогают понять природу самих спиральных структур.*

*сверхширокополосные антенны, антенны контурного типа, спиральные планарные излучатели, объемные интегральные схемы.*

В последнее время увеличение полосы частот различных приемо-передающих систем требует от разработчиков простых и надежных широкополосных антенн.

Спиральные планарные излучатели широкополосны, имеют круговую поляризацию и ряд преимуществ по сравнению с другими планарными излучателями; они, в отличие от других спиральных антенн, могут использоваться в составе ОИС СВЧ [1].

Цельнометаллическую спиральную структуру можно заменить проволочным эквивалентом, при этом характеристики антенны не меняются (рис. 1) [2, 3, 4].

Данная работа посвящена развитию метода проволочных эквивалентов. Предположим, что спиральную структуру с центральным проводником можно заменить лишь контурной планарной спиралью. Исследуем характеристики такой антенны, посмотрим, как они соотносятся с характеристиками цельнометаллической и проволочной структур.

В программе электродинамического моделирования были проанализированы предлагаемые логарифмические плоские двухзаходные спирали с центральным проводом, играющим роль внутренней металлизированной части спирали, а также без него (контурная спираль) (рис. 2–7).

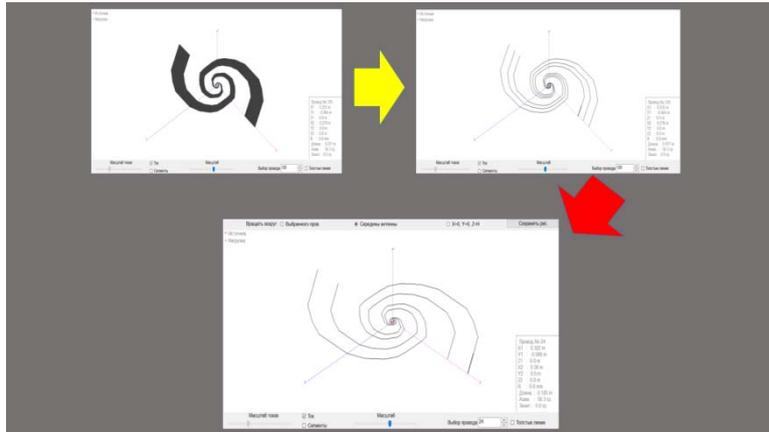


Рис. 1. Замена цельнометаллической спиральной структуры контурной спиралью

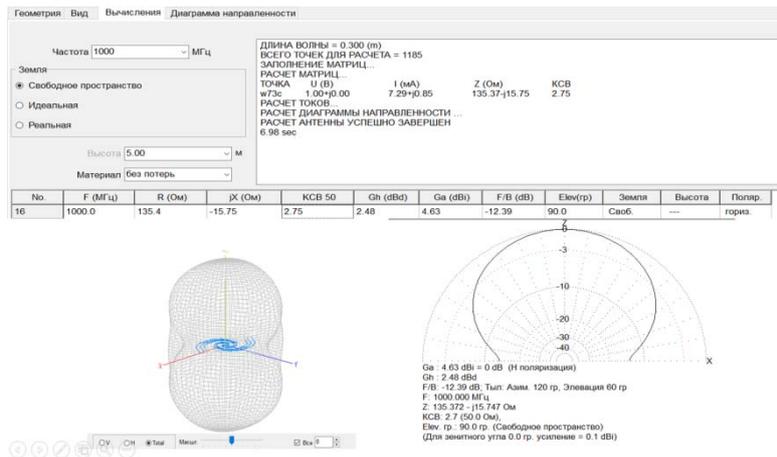


Рис. 2. КСВ и ДН на частоте 1 ГГц спиральной структуры с центральным проводником

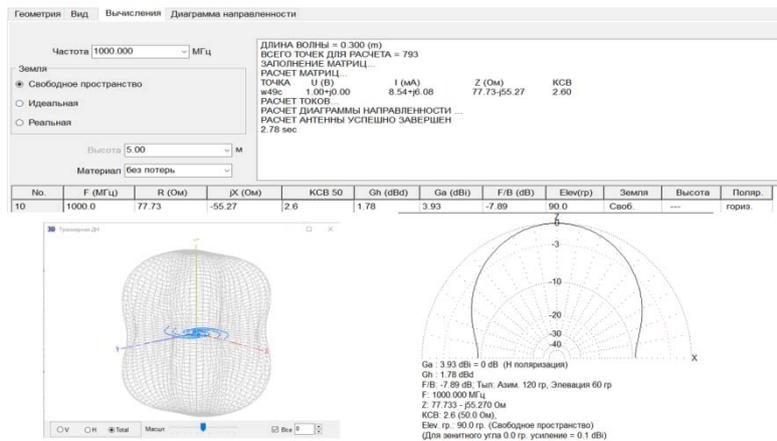


Рис. 3. КСВ и ДН на частоте 1 ГГц контурной спиральной структуры

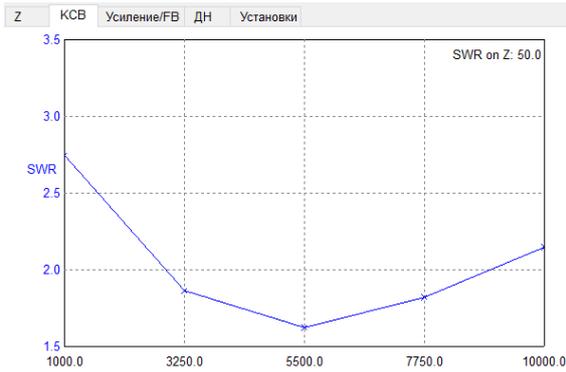


Рис. 4. График КСВ на диапазоне частот 1–10 ГГц спиральной структуры с центральным проводником

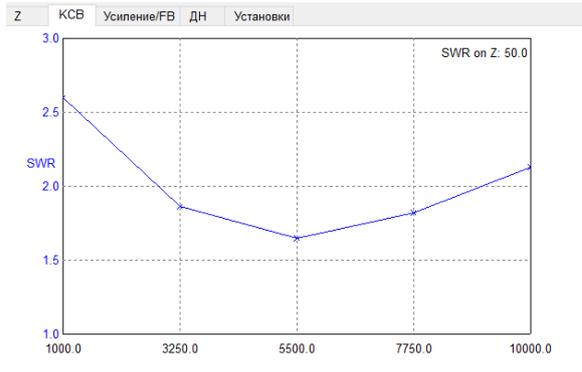


Рис. 5. График КСВ на диапазоне частот 1–10 ГГц контурной спиральной структуры

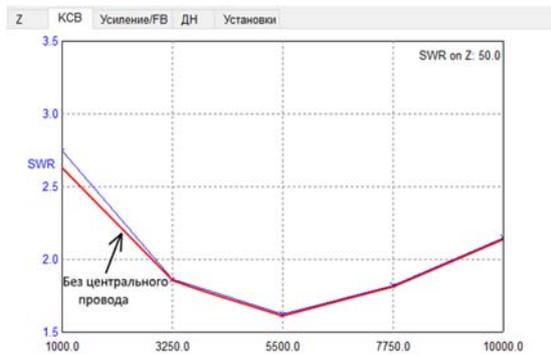


Рис. 6. Сравнение КСВ обеих структур на диапазоне частот 1–10 ГГц

Результаты компьютерного моделирования подтверждают предположение о том, что цельнометаллическую спираль можно заменить контурной. Это, во-первых, снижает экономические затраты на серийное производство планарных спиральных антенн, во-вторых, совершенствуется и упрощается технология производства.

Важным результатом исследования можно считать и то, что токи, определяющие излучение антенны, отсутствуют в центральной части цельнометаллических структур в принципе, что подтверждает предположение о концентрации СВЧ-тока на границе *взаимодействующих сегментов*.



Рис. 7. КСВн в диапазоне частот 2–4 ГГц контурной планарной спиральной структуры (верхний предел КСВ = 2.5)

Теоретические результаты исследования были экспериментально проверены в Лаборатории СВЧ кафедры «Электроники и Схемотехники» СПбГУТ, явные противоречия с компьютерным моделированием отсутствуют.

Основным вопросом в практическом моделировании является вопрос согласования антенны. Так как исследование реального макета невозможно

без переходного элемента, который не может быть рассчитан, так как исследуемый объект (антенна) имеет неизвестные характеристики входного сопротивления, то сам эксперимент представляет собой многочисленные итерации с выбором наиболее удачной конструкции питания антенны.

#### Список используемых источников

1. Бочаров Е. И., Ветров В. В., Седышев Э. Ю., Усатова И. А. Планарные излучатели объемных интегральных схем СВЧ // Всероссийская конференция «Электроника и микроэлектроника СВЧ» 3–6 июня 2013. СПб. : СПбГУТ, 2013.
2. Файт А. В., Седышев Э. Ю. Исследование спиральных антенн с помощью низкочастотной проволочной модели // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. Международная научно-техническая и научно-методическая конференция. 20–24 февраля 2012 года: материалы. СПб. : СПбГУТ, 2012. С. 377–379.
3. Крауфорд Ф. Волны: пер. с англ. / под ред. А. И. Шальникова и А. О. Вайсенберга : учеб. руководство. В 3 т. Т. 3. М.: Наука, 1984. 512 с.
4. Ахметов Р. Р. Спиральные планарные излучатели // 70-я Региональная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Студенческая весна – 2016», 19–20 мая 2016 года : материалы. СПб. : СПбГУТ, 2016. С. 415–419.

УДК 621.396.96

## НОВЫЕ МЕТОДЫ В ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОГЛОЩАЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ И ПОКРЫТИЙ

**Т. Г. Безъязыкова, Т. В. Матюхина, В. А. Сенченко, С. М. Сотенко**

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*Рассматривается проблема взаимодействия поглощающих и экранирующих поверхностей с энергетическими спектрами падающего электромагнитного излучения при решении задачи создания высокоэффективных защитных гибких конструкций электромагнитных экранов и поглощающих покрытий на основе комплексного подхода к решению задачи.*

*гибкие поглощающие покрытия, многослойные градиентные волоконные структуры.*

В связи с развитием технологии получения композиционных материалов, свойства которых могут варьироваться в широких пределах путем подбора материала связующего и наполнителя, особое внимание уделяется гетерогенным радиопоглощающим средам. Материалы для поглотителей ЭМИ получают методами порошковой металлургии и с использованием

технологии композиционных материалов. В качестве исходного сырья применяются неорганические порошки и волокна, закрепленные в связующем на основе неорганических (оксидов алюминия, титана и др.) или органических (смолы, полимеры, пластмассы, парафины) материалов. Такие материалы обладают как высокой эффективностью экранирования, так и большим значением коэффициента поглощения ЭМВ. Последние исследования в области разработки композиционных материалов направлены на расширение частотного диапазона электромагнитных экранов и получение multifunctional конструкций. Также представляется перспективным использование дисперсных растворов с управляемыми магнитными свойствами.

Одним из способов повышения эффективности поглощения ЭМВ, снижения стоимости и улучшения технологичности является использование многослойных материалов, представляющих собой либо симметричные структуры, полученные чередованием слоев с одинаковыми электромагнитными характеристиками, либо градиентные материалы, в которых слои располагаются с увеличением электрических и магнитных потерь, что позволяет улучшить согласование волнового сопротивления экрана с волновым сопротивлением среды распространения ЭМИ. В симметричных многослойных материалах подавление волны происходит за счет многократного переотражения ЭМИ внутри экрана. За счет небольшой эффективной толщины материалы его применение возможно не только при защите пространственных объектов, но и небольших малогабаритных объектов, в том числе гибких кабельных вводов, что позволяет осуществить комплексный подход к защите систем от воздействия поражающих факторов ЭМИ.

Отдельным классом выделяются гибкие конструкции электромагнитных экранов и поглощающих покрытий, для изготовления которых должны использоваться материалы, обладающие, кроме заданных электромагнитных свойств, еще и определенными механическими характеристиками. Гибкость конструкции чаще всего обеспечивается за счет использования гибкой основы или связующего в композиционных материалах, в то время как подавление ЭМИ происходит за счет взаимодействия излучения с материалом наполнителя. Особый интерес представляет использование волокнистых материалов, отличающихся, с одной стороны, улучшенными механическими характеристиками и гибкостью, а с другой позволяющих реализовать более высокую эффективность поглощения за счет использования особенностей распространения ЭМВ в волокнистых средах.

При этом материалы, полученные с использованием волокон, характеризуются большим разнообразием возможных переплетений, позволяющих создавать полотна с объемными и пространственно-распределенными рисунками в широком интервале размеров и толщин. Преимущество технологии машинного вязания под управлением специальных компьютерных

программ заключается в возможности формирования определенной пространственной структуры в едином технологическом цикле.

Для повышения эффективности и расширения рабочего диапазона частот для материалов волокон применяются различные композиционные материалы, обладающие преимуществами металлов с одной стороны и механическими характеристиками синтетических волокон с другой. Одним из перспективных способов создания эффективных радиопоглощающих материалов является использование ультрадисперсных материалов (УДМ) и создание нанокристаллических структур в полимерной матрице, свойства которых зависят еще и от размера морфологических элементов – малых частиц или кристаллитов. Наиболее простыми и технологичными методами синтеза дисперсных частиц служат химические методы, позволяющие путем последовательных реакций получать материалы, проводимость, диэлектрическая и магнитная проницаемость которых зависят от технологии синтеза. При этом обработка материалов может быть осуществлена как на уровне нитей, так и готового полотна в целом.

При выборе осаждаемых материалов необходимо учитывать химические и физические свойства их малоразмерных кристаллов (коррозионную стойкость, стабильность структуры и электрических и магнитных характеристик). С точки зрения обеспечения комплекса необходимых свойств и простоты технологии осаждения предпочтительным является осаждение ферромагнитных металлов подгруппы железа. Из них выбраны никель и кобальт из-за высокой стабильности и коррозионной стойкости, а также радиопоглощающих свойств композиционных волокон на их основе.

Синтез частиц никеля или кобальта происходит по практически одинаковым схемам, так как эти элементы обладают сходной кристаллической структурой, физическими и химическими свойствами. Восстановление протекает путем присоединения недостающих электронов от восстановителя, затем за короткое время атомы металла трансформируются в простейшие кластеры. При формировании кластеров из огромного количества формально возможных и различающихся числом и соотношением ионов и атомов в них образуется несколько комбинаций, соответствующих числу атомов, равному 1, 2, 3, 4, 8 и т. д., что обуславливается наиболее энергетически выгодными параметрами структуры. Особенностью формирования кластеров металлов с незаполненной *d*-оболочкой, к которым относятся никель и кобальт, является склонность этих металлов образовывать промежуточные и относительно устойчивые металлоорганические соединения.

В настоящее время известно и широко используется несколько технологий химической металлизации диэлектриков, основанных на осаждении металла из водных растворов солей. При химическом осаждении металлов поверхность диэлектрической подложки должна быть подготовлена и ката-

литически активна, чтобы обеспечить протекание реакций разложения восстановителя и восстановления металла из комплекса. В качестве основы предложено использовать полиакрилонитрильные (ПАН) и целлюлозные волокна, отличающиеся доступностью, невысокой стоимостью и способностью подвергаться модифицированию. Ультрадисперсные частицы в матрице волокон формируются путем химического восстановления металла из раствора с использованием в качестве катализатора палладия или центров металлизации, состоящих из кластеров самого осаждаемого металла.

Другим перспективным способом получения волокон со специальными свойствами, так называемых гранулированных структур, является технология вакуумного распыления материалов. Процессы ионно-лучевого и ионно-стимулированного магнетронного распыления являются наиболее перспективными, так как позволяют получать покрытия из металлов, сплавов и диэлектриков с высокой адгезией покрытия к подложке при малых температурных нагрузках. Высокая плотность точечных дефектов и активных центров зародышеобразования приводит к тому, что структура покрытий, полученных методами ионно-лучевого распыления, характеризуется малым размером зерен при повышенной плотности упаковки. Кроме того, технология ионно-лучевого распыления отличается высокой производительностью и позволяет получить эффекты недоступные для других методов [1].

Использование многослойных градиентных волоконных структур позволяет получить материалы, эффективно работающие в частотном диапазоне от сотен килогерц до сотен гигагерц (в настоящее время достигнута эффективность таких покрытий до 70 дБ). Слои чаще всего представляют собой кевларовую ткань с напыленной структурой гидрогенизированного углерода с наночастицами Co и Ni. Толщина напыленной структуры и концентрации Co и Ni для каждого слоя подбираются таким образом, чтобы увеличить поглощение в каждом слое и использовать резонансные условия между слоями в том случае, если половина длины электромагнитной волны  $\lambda/(\epsilon\mu)^{1/2}$  соответствует расстоянию между определенными слоями поглощающего покрытия. Большие значения  $\epsilon$  и использование резонансных условий позволяют максимально расширить диапазон поглощаемых частот. Расчет и подбор слоев производился таким образом, чтобы волновой импеданс покрытия был близок к волновому импедансу свободного пространства. При этом многослойные покрытия обладают преимуществами перед покрытиями, основанными на ферритах – они в 7–10 раз легче, в 5–7 раз тоньше и являются гибкими. Поглощение электромагнитного излучения происходит в широком диапазоне частот, в противоположность ферритовым покрытиям, имеющим поглощение в более узком частотном диапазоне, который определяется естественным ферромагнитным резонансом этого покрытия.

Другим естественным выводом, вытекающим из концепции «затраты 20 % – эффективность 80 %», является необходимость проведения защитных мероприятий на наиболее ранних стадиях разработки и создания защищаемых объектов [2]. К ним относятся задача разработки и использования новых конструкционных материалов с необходимыми свойствами, а также придание существующим, хорошо себя зарекомендовавшим материалам, желаемых защитных свойств. Также, несомненно, необходим комплексный пересмотр существующих и разработка новых конструкторских концепций, исходя из набора свойств, которыми обладают (или не обладают) данные материалы. Всё это должно осуществляться на начальных этапах разработки концепции изделия, его опытно-конструкторского проектирования и на ранних стадиях промышленного производства.

#### Список используемых источников

1. Доценко О. А., Суслиев В. И., Кузнецов В. Л., Мазов И. Н., Кочеткова О. А. Микроволновые характеристики композиционных радиоматериалов на основе полимера и углеродных структур // Доклады ТУСУР, 2011. № 2 (24). С. 36–40.
2. Рябов Ю. Г. Общие положения по сохранению живучести и обеспечению защиты радиоэлектронных средств от воздействия электромагнитного оружия и электронного терроризма // Специальная техника. 2002. № 3.

УДК 356.251

## ИССЛЕДОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ШИРОКОДИАПАЗОННОГО ФРАКТАЛЬНОГО АНТЕННОГО ЭЛЕМЕНТА В ПРОГРАММНОЙ СРЕДЕ ANSOFTHFSS

**А. В. Богданов<sup>1</sup>, М. И. Петренко<sup>2</sup>, И. А. Котяшичев<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Военная академия связи имени Маршала Советского союза С. М. Буденного

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет  
информационных технологий, механики и оптики

*В работе исследованы многодиапазонные антенны, выполненные на основе фрактальных структур. Выполнено моделирование антенны на основе салфетки Серпинского и модифицированной фрактальной антенны в пакете электродинамического анализа FEKO. Проведен анализ электрических характеристик полученных моделей антенн.*

*Представлены сравнительные результаты моделирования и исследования. Показана возможность практического использования антенн указанного типа.*

*многодиапазонная антенна, фрактал, салфетка Серпинского.*

При разработке современных систем связи остро стоит вопрос выбора типа эффективной антенной системы, обеспечивающей заданные характеристики в рабочем диапазоне частот. Однако в силу необходимости создания высокоскоростных систем для передачи информации все чаще возникает потребность в организации работы системы связи в нескольких диапазонах частот. Поэтому разработчики современных антенн уделяют значительное внимание широкополосным и многодиапазонным структурам.

В данной работе анализируется возможность использования антенн, выполненных на основе фрактальной геометрии. Фракталами называют геометрические объекты: линии, поверхности, пространственные тела, имеющие сильно изрезанную форму и обладающие свойствами самоподобия.

Слово фрактал произошло от латинского слова *fractus* и переводится как дробный или ломанный [1, 2]. В настоящее время фрактальные антенны приобретают популярность благодаря своей компактности и многодиапазонности. Разработка новых вариантов фрактальных антенн осуществляется в основном разработчиками телекоммуникационного оборудования. Свое применение фрактальные антенны уже находят в медицине, военных приложениях, сотовых системах связи на базовых станциях и мобильных терминалах [3].

Геометрические множества, имеющие очень сложную форму, возникают, например, при рассмотрении некоторых стохастических процессов, либо как предельное множество, полученное в результате бесконечной последовательности аффинных преобразований, применяемых к исходным геометрическим объектам. В простейших случаях структуры самодополняющегося множества строятся по простой итерационной схеме с помощью нескольких аффинных преобразований. Исходная фигура простой формы уменьшается в  $k$  раз, затем из нескольких уменьшенных копий в определенном порядке составляется новая фигура.

На рис. 1 приведена процедура построения двух простых самодополняющихся множеств: салфетки Серпинского и кривой Коха [3]. Множество, получаемое в пределе при бесконечном числе итераций, называется самодополняемым. Получаемая при такой итерационной процедуре фигура является самоподобной в том смысле, что каждая часть полученного множества – это уменьшенная копия всей фигуры целиком.

Для математического описания таких множеств введены различные характеристики, наиболее известными из которых является семейство самоподобных размерностей. Наиболее простой из них является размерность подобия. Для простейших самоподобных структур, сформированных по описанной выше итерационной схеме, она равна:

$$D = \frac{\ln(N)}{\ln(k)}, \quad (1)$$

где  $D$  – фрактальная размерность подобия;  $N$  – число уменьшенных копий, используемых для формирования фигуры на следующей итерации;  $k$  – коэффициент, показывающий во сколько раз уменьшаются линейные размеры исходной фигуры для построения следующей итерации.

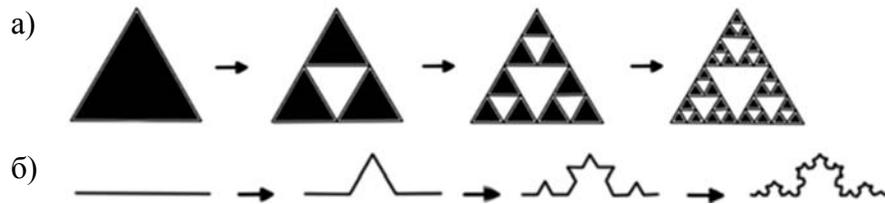


Рис. 1. Итерационный процесс формирования самоподобных фигур:  
а) салфетки Серпинского; б) кривой Коха

В настоящее время основной тенденцией развития программ проектирования радиоэлектронных систем можно считать интеграцию подсистем проектирования ориентированных на разработку узких классов радиоэлектронной аппаратуры в единую систему, поддерживающую процесс разработки всех устройств от цифровых схем обработки и формирования сигналов до СВЧ схем и антенн. В рамках этой тенденции средства проектирования различных по физике функционирования и методам математического анализа устройств объединяются вместе на базе единой платформы, позволяющей интегрировать результаты работы разных программ с целью создания проекта всей радиоэлектронной системы в целом. Особый интерес здесь вызывает возможность интеграции средств проектирования цифровой и аналоговой аппаратуры, которая по большей части является СВЧ аппаратурой.

В настоящее время большое развитие получила программа HFSS компании AnSoft, которая предназначена для анализа трехмерных СВЧ структур, в том числе, антенн и невзаимных устройств, содержащих ферриты. Наследуя лучшие возможности, реализованные в программах компаний HewlettParcard и Agilent, она сделала значительный шаг вперед [4].

Электродинамическое моделирование в HFSS основано на использовании метода конечных элементов (*FiniteElementMethod* (FEM)). Эта программа позволяет с высокой точностью рассчитывать внешние параметры СВЧ многополюсников: матрицы рассеяния, матрицы импедансов и адмитансов. Это служит основой для интегрирования HFSS с другими программами проектирования реализующими, например, решение нелинейных задач. Рассчитанные  $S$ -параметры могут использоваться далее в программах анализа линейных и нелинейных схем, в частности, в программе MicrowaveOffice, SerenadeAnsoft или ADS.HFSS полностью совместим

с платформой AnsoftDesigner, предназначенной для сквозного проектирования радиоэлектронных систем. Интерфейс программы представлен на рис. 2.

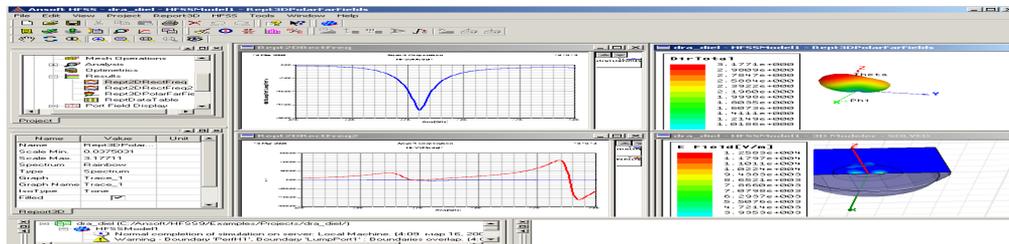


Рис. 2. Интерфейс программы HFSS

С целью создания многодиапазонной антенны рассмотрим ШОПС 3-го порядка. Фрактальная размерность салфетки Серпинского приблизительно равна 1,58. Длина стороны треугольника, на котором построен фрактал, равна 100 мм, высота 86 мм. Диаграммы направленности показаны на рис. 3 и 4. Диаграммы направленности модифицированный широкодиапазонный элемент, полученный путем исключения элементов дробления в верхней части излучающей структуры изображены на рис. 5 и 6. Высота излучающего элемента равна 88 мм. Экраны антенн выполнены в виде металлических пластин размером 0,4 на 0,4 м. Такое построение антенн упрощает реализацию системы питания, поскольку дополнительное симметрирование в этом случае не требуется.

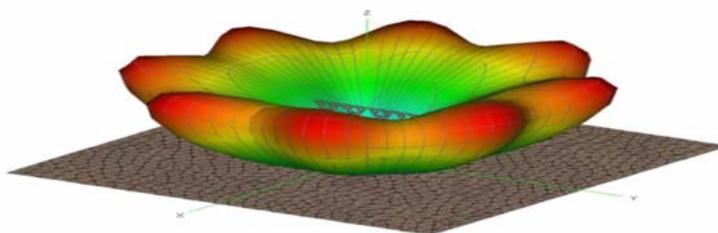


Рис. 3. ДН ШОПС на частоте 1,74 ГГц в трехмерном виде

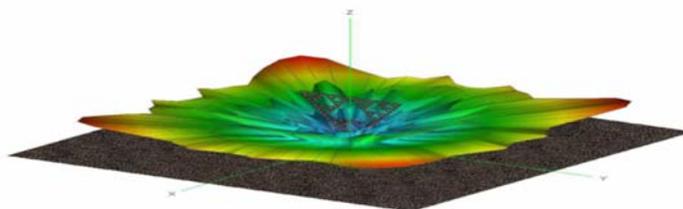


Рис. 4. ДН ШОПС на частоте 13,89 ГГц в трехмерном виде

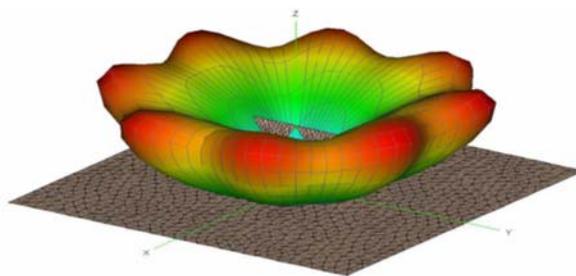


Рис. 5. ДН модифицированной ШОПС на частоте 1,74 ГГц в трехмерном виде

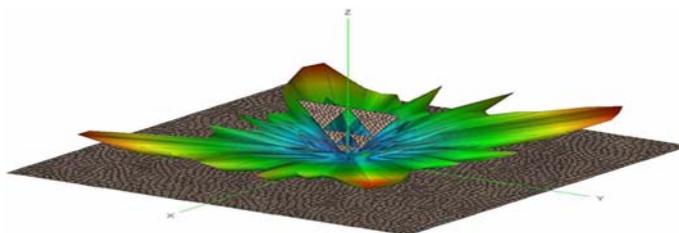


Рис. 6. ДН модифицированной ШОПС на частоте 13,89 ГГц в трехмерном виде

Анализ распределения тока по поверхности антенны показывает, что с повышением рабочей частоты начинают участвовать более мелкие части антенны. Дальнейшее повышение частоты приводит к тому, что часть антенны становится как бы отключенной.

Причина этого заключается в следующем. Когда электромагнитная волна  $\lambda$  запитывает вершину антенны, она начинает распространяться по структуре в направлении плоского торца салфетки Серпинского. При встрече с кластером, сравнимым по размерам с длиной волны, волна излучается. Поэтому мощность распространяющейся волны теряется, и в итоге ток не достигает торца антенны.

Структура имеет много разрывов, которые усиливают излучение и предают некоторые особенности этому процессу. При больших  $\lambda$  малые треугольники антенны вносят небольшой вклад в общее излучение, и ток распространяется по всей структуре. При более высоких частотах антенна теряет свойства самоподобия.

Таким образом, в ходе теоретического исследования установлено, что стандартного разбиения на элементарные элементы в программе HFSS достаточно, для обеспечения сбалансированного режима работы между точностью и временем, затраченным на расчет.

Сравнение характеристик антенны выполненной на основе салфетки Серпинского и модифицированной фрактальной антенны доказало возможность создания структуры упрощенной конструкции, без ухудшения характеристик антенны. Результаты измерения ДН показали, что исследуемые фрактальные антенны формируют ДН близкую по форме к осесимметричной в диапазоне частот. На высоких частотах диапазона наблюдается изрезанность формы ДН. Важно, что результаты расчетов и моделирования

в программе HFSS согласуются между собой. В целом экспериментальные исследования ДН моделей антенн подтверждают результаты расчетов.

В ходе дальнейших исследований планируется создание фрактальной антенны для работы в диапазонах частот с меньшим относительным разном и определение возможности создания широкополосных антенн на основе фрактальных структур.

#### Список используемых источников

1. Божокин С. В., Паршин Д. А. Фракталы и мультифракталы. М. : Ижевск, 2001. 128 с.
2. Потапов А. А. Фракталы в радиофизике и радиолокации. М. : Логос, 2002. 664 с.
3. Fractal Antenna Systems Inc. [Электронный ресурс]. Электрон. текстовые данные (262 883 bytes). Massachusetts: Fractal Antenna Systems Inc., 2010. URL: <http://www.fractenna.com/index.html> Monday, 6 December 2010 11:07:00.
4. Банков С.Е., Курушин А.А., Разевиг В.Д. Анализ и оптимизация трехмерных СВЧ-структур с помощью HFSS. М. : Салон–ПРЕСС, 2005. 283 с.

УДК 621.396.67

## УСТРОЙСТВА ЧАСТОТНОЙ СЕЛЕКЦИИ И СТАБИЛИЗАЦИИ ЧАСТОТЫ НА ЭЛЛИПТИЧЕСКИХ РЕЗОНАТОРАХ

**Е. И. Бочаров, И. А. Рыбалко, Э. Ю. Седышев,  
Л. А. Селиверстов, Г. Р. Сикора**

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*Работа посвящена новому типу устройств частотной селекции микроволнового диапазона – эллиптическим резонаторам и устройствам на них. Рассмотрены топологии, некоторые физические характеристики и варианты применения данных устройств.*

*эллиптические резонаторы, планарные резонаторы, микроволны, фильтры, частотная селекция, стабилизация частоты.*

В современной радиотехнике прослеживается тенденция роста частоты устройств с уменьшением мощности. Эффективно использовать радиочастотный спектр без узкополосных устройств невозможно. Решение этой за-

дачи предполагает появление резонансных элементов с высокой добротностью в новой конструктивной среде – среде объемных интегральных схем СВЧ.

Объемные интегральные схемы (ОИС) СВЧ используют определенный набор коммутационных линий, как правило, это несимметричная полосковая линия (НПЛ, полный аналог микрополосковой линии (МПЛ) в гибридных интегральных схемах), щелевая линия и копланарный волновод.

Микрополосковая линия (МПЛ) выполняется в виде пластины металлизированного диэлектрика с одной стороны и тонкой полоски проводника с другой, несимметричная полосковая линия (НПЛ) состоит из двух металлических пластин и плоского токонесущего проводника между ними. С точки зрения электродинамики волна в первом случае распространяется в сложной составной среде, а во втором в изотропной однородной.

Основным (низшим) типом волны, распространяющейся в МПЛ, является квази Т-волна. Несмотря на схожесть конструкции, МПЛ по своим электродинамическим характеристикам существенно отличается от НПЛ. При конструировании ОИС СВЧ просто перевести устройство с МПЛ на НПЛ невозможно. Это происходит потому, что даже дисперсионная характеристика МПЛ резко отличается от НПЛ, последняя оказывается предпочтительнее, так как распространение волны происходит в однородной изотропной среде – диэлектрике. Поэтому при проектировании ИС и ОИС следует учитывать влияние вышеперечисленных факторов. Существенное отличие МПЛ от НПЛ состоит в том, что основная волна МПЛ (Т-волна) имеет значительную дисперсию. Это обстоятельство особенно сказывается при проектировании и реализации разнообразных резонансных структур, например, эллиптических резонаторов, частным случаем которых является кольцевой.

Щелевая и копланарная линии относятся к плоскостным, распространение сигнала в них осуществляется между двумя или тремя проводниками. У щелевой линии это две полубесконечные плоскости, у копланарной еще и токопроводящий проводник между ними. На всех этих типах линий возможно создание резонансных структур. Во времена бурного развития гибридных планарных интегральных схем активно использовались шлейфы, они же могут использоваться и в ОИС, но добротность и технологичность этих резонаторов в ОИС с ростом частоты проигрывает тем же характеристикам эллиптических резонаторов (см. табл.). Резонаторы обычно используются для создания всевозможных фильтров, устройств согласования, селекции и стабилизации частоты.

Эти устройства в составе ОИС представляют собой сложные пространственные конструкции с огромным количеством схемотехнических и конструктивных задач.

ТАБЛИЦА. Типы линий и соответствующие им конструкции резонаторов

	Тип линии	Шлейфный резонатор	Кольцевой резонатор
Несимметричная полосковая линия			
Щелевая линия			
Копланарная линия			

Основной характеристикой любого эллиптического резонатора является волновое сопротивление, сразу же отметим, что от него также зависит и эффективная длина самого замкнутого контура. Оно содержит в себе информацию о погонных параметрах линии, замкнутой в кольцо. Для НПЛ имеем следующее выражение:

$$Z_B \sqrt{\epsilon_r} = 60 \ln \left( \frac{4b}{w\pi \left( 0.5 + 0.8 \frac{t}{w} - 0.12 \left( \frac{t}{w} \right)^2 \right)} \right), \tag{1}$$

где  $w$  – ширина полоска,  $t$  – толщина линии,  $b$  – толщина диэлектрика

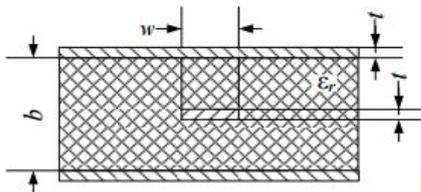


Рис. 1. Обобщенная геометрия полосковой линии

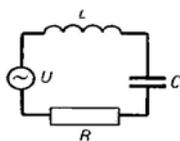


Рис. 2. Резонансный контур

Эллиптический резонатор может быть представлен в виде простейшего колебательного контура (рис. 2), параметры  $L$  и  $C$  которого, будут соответствовать интегралам по контуру погонной индуктивности и погонной ёмкости кольцевого резонатора. В этом случае резонансную частоту эллиптического резонатора можно рассчитать по следующим формулам. Фактически по этим формулам можно оценить и добротность, зная погонные потери в линии.

На данных кольцевых резонаторах возможно построение таких частотно селективных устройств, как полосно-пропускающие и режекторные фильтры. Объединяя несколько резонаторов с помощью специальных цепочек, мы можем получить полноценный фильтр с требуемой характеристикой.

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad Q = R\sqrt{\frac{C}{L}} \quad (2)$$

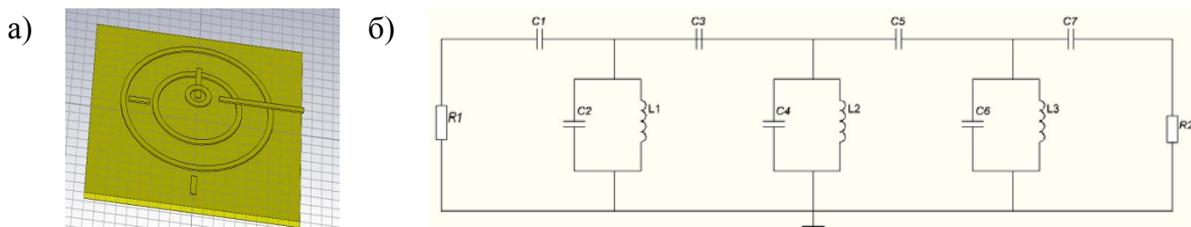


Рис. 3. Устройство на НПЛ: а) эпюр, б) принципиальная схема.

На рис. 3 представлена возможная конструкция устройства. Сложность создания данного устройства в том, что снять сигнал с центрального кольца необходимо, минуя все внешние кольца. Эта проблема решается с помощью конструирования данной структуры в виде ОИС. Многослойная структура позволяет беспрепятственно снять сигнал с центрального кольца, выведя его на свою линию. Связь между резонаторами реализована с помощью введения между слоями резонаторов конструктивных ёмкостей.

Примерно также обстоит дело и с резонаторами на щелевых линиях. Расчёт геометрических размеров кольцевого резонатора можно произвести через значения погонных ёмкостей и индуктивностей щелевой линии.

Резонанс можно получить в направляющей системе, свернутой в кольцо, если длина кольца по средней линии кратна длине волны в этой системе на данной частоте. Методы возбуждения щелевого резонатора мало освещены в литературе.

Для увеличения добротности предлагается использовать не один, а несколько резонаторов, при этом возможно их размещение в разных слоях интегральной схемы. На рис. 4 представлена 3D-модель предложенной структуры.

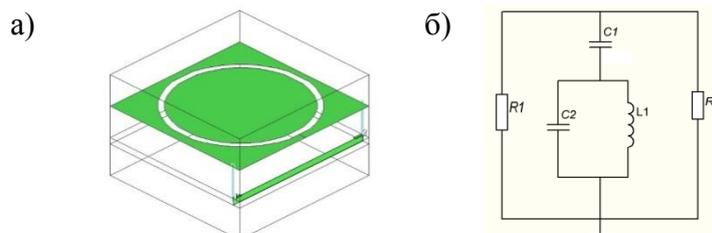


Рис. 4. Кольцевой резонатор на щелевой линии: а) устройство резонатора, б) принципиальная схема

Как видно из рисунка, полосковая линия, относительно верхнего слоя, располагается перпендикулярно, т. е. представлена в модифицированном виде, что обеспечивает коллинеарность векторов напряженности поля и обеспечивает передачу энергии непосредственно в щель резонатора. Модифицированные линии и методы расчета их основных параметров описаны в статье [7].

Подобный резонатор и его схема питания может найти применение в устройстве частотной стабилизации генератора СВЧ. Компьютерное моделирование показало эффективность питания такого резонатора именно модифицированной линией, обычная НПЛ возбуждала поле в структуре, однако, не так эффективно.

Контактная система питания нашла применение в устройстве частотной селекции на копланарной линии (рис. 5). Здесь возбудить резонатор за счет кондуктивной связи не удалось, поэтому на данном этапе работ задача была решена прямолинейно, для чего непосредственно резонаторы и линия были соединены гальваническими перемычками. Работоспособность подобной структуры доказана электродинамическим моделированием на компьютере.

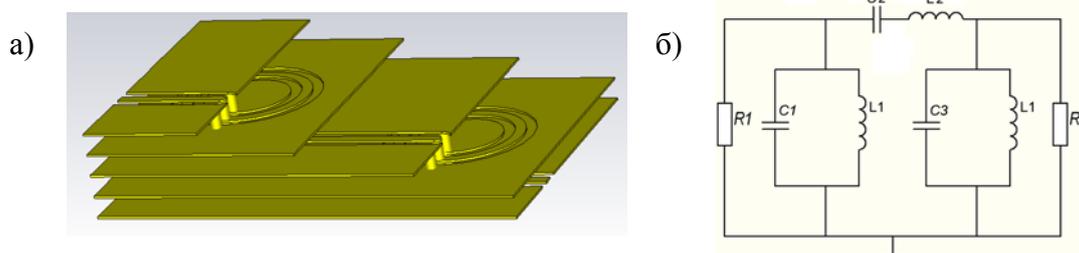


Рис. 5. Конструкция на КПЛ:

а) устройство частотной селекции, б) принципиальная схема



Рис. 6. Масштабный макет рабочего устройства

В ходе работы над эллиптическими структурами были созданы масштабные макеты, представляющий собой различные типы линий и резонаторы (рис. 6), проведены серии экспериментов, где качественно доказана работоспособность предлагаемых новых структур и отработаны некоторые элементы их использования в составе ОИС СВЧ.

*Вывод: использование эллиптических резонаторов в составе устройств частотной селекции может дать выигрыш, как по размерам, так и по технологичности устройства в целом.*

**Список используемых источников**

1. Маттей Г. Л., Янг Л., Джонс Е. М. Т. Фильтры СВЧ, согласующие цепи и цепи связи. М.: Связь, 1971. – 440 с.
2. Гвоздев В. И., Нефедов Е. И. Объемные интегральные схемы СВЧ. М.: Наука, 1985. 256 с.
3. Sheng Sun, Lei Zhu. Wideband Microstrip Ring Resonator Bandpass Filters Under Multiple Resonances // IEEE Transactions on microwave theory and techniques. 2007. № 10. С. 2176–2182.
4. Проектирование СВЧ-устройств для микроволновой радиотермометрии / Л. Г. Стаценко, О. А. Пуговкина // Известия ЮФУ. Технические науки. 2014. 15 октября. С. 127–135.
5. Боброва К. В., Булатова И. А., Иванова Е. А., Седышев Э. Ю. Расчёт модифицированных линий передач для объёмных интегральных схем СВЧ. СПб. : Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина), 2015. С. 161–170.

УДК 621.372.512.34

**СИНТЕЗ МИКРОВОЛНОВЫХ АНТЕНН  
С ИНТЕГРИРОВАННЫМИ УСТРОЙСТВАМИ  
СИММЕТРИРОВАНИЯ И СОГЛАСОВАНИЯ  
НА ОСНОВЕ ОБЪЕМНЫХ РЕЗОНАТОРОВ****Е. И. Бочаров, Е. В. Рынгач, Э. Ю. Седышев**

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*В работе рассмотрены основные вопросы выбора конфигурации и согласования микроволновых антенн на основе объемных резонаторов: влияние базового задающего элемента – объемного резонатора, конфигурации излучателей и их местоположения на базовом элементе, выбор элемента питания, а также возможность использования изменения выбранных параметров с целью согласования антенно-фидерного тракта в целом.*

*синтез антенны, непосредственное решение, критерий оптимальности, объемные резонаторы, симметрирование и согласование.*

Существует два основных подхода к синтезу антенн. В первом случае антенна представляет собой результат создания неоднородности в линии передачи электромагнитной энергии, при этом излучающая структура выступает согласующим элементом между линией передачи и свободным пространством. Простейший пример с двухпроводной линией и излучающим

диполем представлен на рис. 1 [1], другие примеры представлены на рис. 2. При этом, для инженерных расчетов симметричного вибратора используется приближенная теория, базирующаяся на том, что симметричный вибратор в отношении распределения тока представляет собой двухпроводную линию с потерями, разомкнутую на конце, а сама антенна становится системой с переменными по длине погонными параметрами, т. е. неоднородной линией [1].

Во втором случае тот же простейший диполь можно рассматривать как некоторый колебательный контур – резонатор (рис. 3) [2].

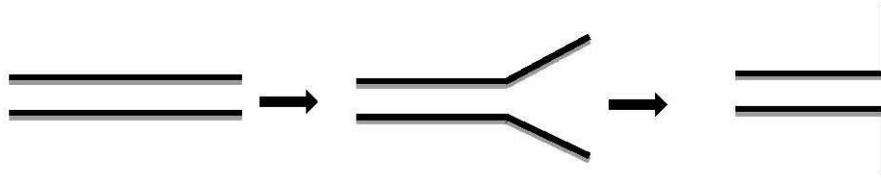


Рис. 1. Создание неоднородности в двухпроводной линии передачи (переменные по длине погонные параметры)

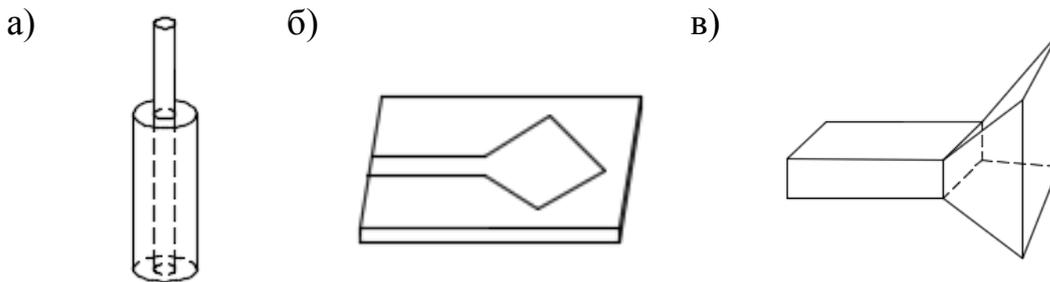


Рис. 2. Примеры излучающих структур, полученные созданием неоднородности в регулярной линии:  
а) несимметричный вибратор; б) микрополосковый излучатель;  
в) рупорный излучатель

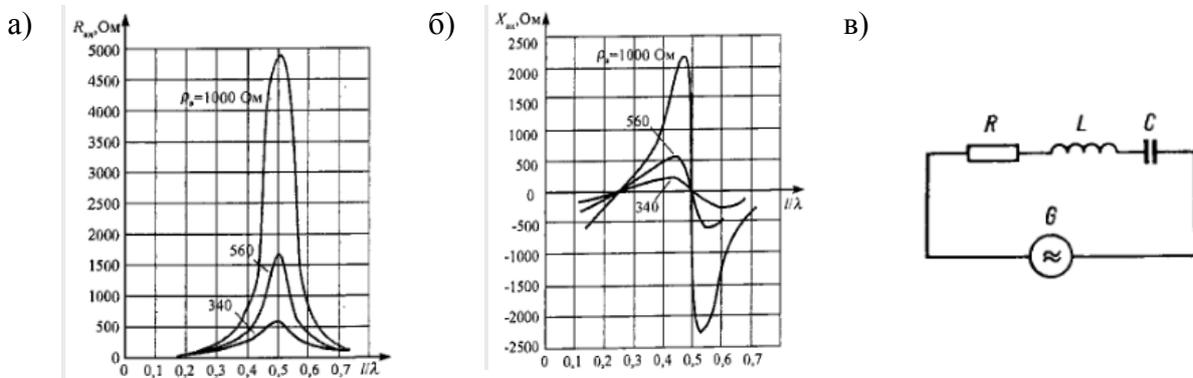


Рис. 3. Полуволновый вибратор как колебательный контур:  
а) активная составляющая входного сопротивления [1]; б) реактивная составляющая [1]; в) колебательный контур на сосредоточенных элементах [2]

Естественной является идея объединения этих двух подходов, то есть интеграции резонатора в конструкцию антенны. При разработке подобных конструкций необходимо подчеркнуть их резонансный характер. Это решение принадлежит профессору О. И. Фальковскому, идеи которого бережно хранят и используют в СПбГУТ.

Другими словами, ставится задача синтеза не нового типа антенн, а использования известных излучающих структур, в конструкцию которых интегрируются резонансные структуры, в частности, объемные резонаторы. Например, сферическая антенная решетка простейших дипольных излучателей (рис. 4а) может быть объединена со сферическим резонатором. При этом излучатели по принципу двойственности заменяются на щелевые – получается щелевая антенная решетка на основе сферического резонатора (рис. 4б) – объемный резонатор используется в данном случае для симметрирования и согласования питания щелевых излучателей.

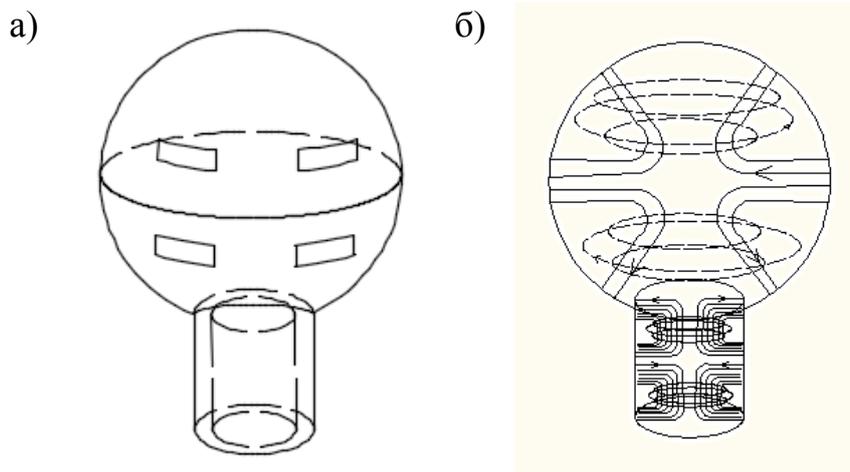


Рис. 4. Пример микроволновой антенны с интегрированным устройством симметрирования и согласования на основе сферического резонатора:  
а) общий вид; б) распределение электромагнитных полей внутри структуры

В микроволновой антенне с интегрированным устройством симметрирования и согласования выделяют три основных элемента (рис. 4а): излучающая структура (раскрыв антенны или совокупность излучателей), базовый элемент – объемный резонатор и элемент питания.

Процесс синтеза излучающей структуры начинается с задания требуемых параметров. Математические методы синтеза могут быть использованы только в простейших случаях, в общем виде решить задачу синтеза всей структуры в данном случае не представляется возможным, поэтому задача синтеза сводится к решению нескольких связанных задач: общая конструкция разбивается на несколько сегментов, находится оптимальный типоразмер каждого, в итоге получаем устройство в целом.

Предлагается разделить задачу синтеза на три части, соответствующие трем основным элементам структуры, при этом отделить одну задачу от другой также не представляется возможным, т. к., например, невозможно синтезировать антенную решетку, не выбрав базовый элемент, который накладывает ограничения на форму данной решетки. В процессе решения на каждом шаге выбирается критерий оптимальности, который не всегда может быть полностью формализован. Более того, задача чаще всего является многокритериальной и полностью упорядочить решения по оптимальности невозможно. Процедура поиска оптимальной конструкции сводится к анализу, перебору и сравнению различных вариантов конструкций.

Первым шагом в решении задачи синтеза микроволновых антенн с интегрированными устройствами симметрирования и согласования на основе объемных резонаторов является выбор базового элемента – объемного резонатора. Основным параметром в случае синтеза становится вид требуемой диаграммы направленности. Предлагается использовать объемные резонаторы простейших конструкций: прямоугольный, цилиндрический, сферический, позволяющие распределять излучатели по соответствующим поверхностям, а также отличающиеся друг от друга такими основными параметрами, как добротность и распределение поверхностного тока. Понятно, что для создания круговой диаграммы лучше всего подойдет цилиндрический резонатор, создания изотропного излучателя – сферический и т. д. Определяется начальная конфигурация и размер, а также вводятся конструктивные и технологические ограничения на область варьируемых параметров.

Вторым шагом становится непосредственно синтез излучающей структуры (антенной решетки) по заданной диаграмме направленности. Возможные конфигурации излучателей подробно рассмотрены в работе [3]. Задача синтеза диаграммы сводится к решению задачи оптимизации геометрических размеров резонатора, задающих распределение собственных колебаний, выбору конфигурации и местоположения излучателей. Стоит учитывать, что питание излучателей синфазное, а распределение питающих напряжений определяется формой и местоположением излучателей. Для этого, определившись с формой требуемой диаграммы и ограничениями на размеры системы, решаются следующие задачи: распределение полей собственных колебаний резонатора и распределение поверхностного тока резонатора. После этого проводится анализ возможных вариантов построения антенной решетки и выбор оптимальной конструкции. Далее требуется оценить влияние излучателей на первоначальные параметры резонатора. С учетом сложности конструкции и описывающего ее аппарата предлагается использовать экспериментальный метод, после чего скорректировать первоначально выбранные размеры конструкции.

Последним этапом становится выбор питающего элемента. Основная задача – максимальное согласование, т. е. трансформация ЭМВ питающего волновода в собственные колебания резонатора, при этом размер волновода должен быть таким, чтобы не ухудшались резонансные свойства базового элемента. Особенности выбора питающего элемента для сферического резонатора рассмотрены в работе [4], для остальных резонаторов и элементов питания алгоритм аналогичен.

Изменение любого параметра любой из основных составных частей антенны можно использовать для настройки и согласования всей конструкции в целом.

В итоге, можно сказать, что задачу синтеза микроволновых антенн с интегрированными устройствами симметрирования и согласования на основе объемных резонаторов напрямую решить невозможно, поэтому задача разбивается на три основные: синтез излучающего сегмента, расчет объемного резонатора и выбор питающего волновода. В ходе решения данной задачи приходится решать следующие подзадачи: распределение полей собственных колебаний базового элемента – резонатора, распределения поверхностного тока, распределение питающих напряжений излучателей, определение формы и координат элементов антенной решетки, анализ полученной структуры. Ввиду сложности структуры анализ внесенных влияний антенной решетки на характеристики базового элемента предлагается вести экспериментальным методом. Процесс выбора конструкции является многокритериальным, при этом критерии не всегда удается точно формализовать, поэтому большое влияние оказывает неформальная оценка решений.

#### Список используемых источников

1. Воскресенский Д. И., Гостюхин В. Л., Максимов В. М., Пономарев Л. И. Устройства СВЧ и антенны / под ред. Д. И. Воскресенского. Изд. 2-е, доп. и перераб. М. : Радиотехника, 2006. 376 с.: ил.
2. Ротхаммель К., Кришке А. Антенны. Том 1. : пер. с нем. М. : ЛАЙТ Лтд, 2000. 416 с.
3. Бочаров Е. И., Рынгач Е. В., Седышев Э. Ю. Микроволновые антенны на основе объемных резонаторов с различной конфигурацией излучателей // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. V Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. в 3 т.; Т. 2. СПб. : СПбГУТ, 2016. С. 172–176.
4. Бочаров Е. И., Рынгач Е. В., Седышев Э. Ю. Возбуждение различных типов волн в сферическом излучателе путем выбора конфигурации питающего волновода // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. IV Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. в 2 т. СПб. : СПбГУТ, 2015. С. 624–628.

УДК 621.396.67

## КОЛЬЦЕВЫЕ ИЗЛУЧАТЕЛИ НА ПЛАНАРНЫХ РЕЗОНАТОРАХ

И. А. Булатова, Э. Ю. Седышев

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*В работе рассматриваются кольцевые излучатели, реализованные на щелевой, копланарной и несимметричной полосковой линии. Исследована возможность многополосной работы таких излучателей.*

*щелевой резонатор, планарный резонатор, излучатель, линия питания.*

Рассмотрим кольцевые резонаторы на полосковой (ПЛ), щелевой (ЩЛ) и копланарной линиях (КЛ) (рис. 1).

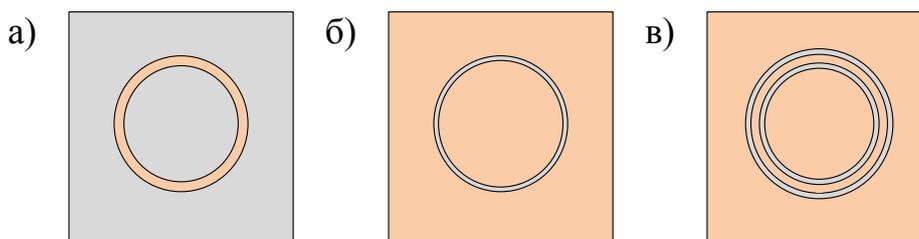


Рис. 1. Кольцевые излучатели на разных типах линий: ПЛ (а), ЩЛ (б), КЛ (в)  
(оранжевый цвет – металл, серый цвет – диэлектрик)

Резонатор обладает избирательной частотной характеристикой, т. е. работает на определённой частоте  $f_0$ , а также на её гармониках:  $2f_0$ ,  $3f_0$  и т. д. Таким образом, предполагается возможность работы печатной структуры в многополосном режиме за счёт высших гармоник (аналогично работе устройств на субгармониках). Такая необходимость вызвана технологическими ограничениями изготовления СВЧ устройств, потому что с ростом частоты размеры резонаторов становятся чрезвычайно малыми. Предполагается, что повышенная добротность круговых печатных резонаторов объёмных интегральных схем (ОИС) относительно резонатора-отрезка полосковой линии, должна способствовать лучшему согласованию на высших гармониках. Создавая условия для излучения, мы, конечно, снизим общую добротность структуры, но в итоге получим антенны с возможностью точной настройки и высокой технологичностью.

Следует отметить, что свободная зона внутри излучателя позволяет разместить в ней несколько колец, работающих на смежных частотах, что позволяет расширить частотный диапазон структуры в целом (рис. 2).

Например, если разместить три кольца, рассчитанные на резонансные частоты  $1.0f_0$ ,  $1.1f_0$  и  $1.2f_0$ , то полоса рабочих частот первой гармоники и высших увеличится в 3 раза.

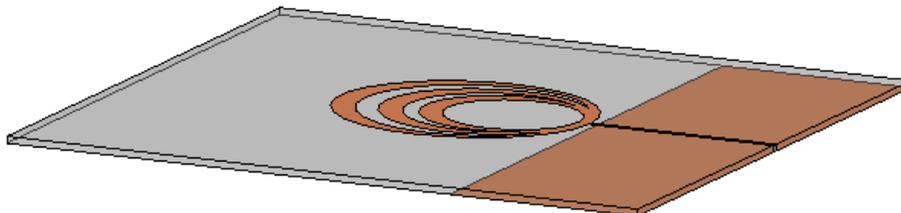


Рис. 2. Многополосный излучатель на ПЛ

Способы возбуждения планарных антенн ОИС подробно изложены в предыдущих работах [1] и не вызывают в данном случае особых трудностей, так как выбираемый резонатор может полностью соответствовать линии питания.

Для кольцевого ПЛ излучателя будем использовать питание в том же слое. При питании излучателя на ПЛ односторонней линией (рис. 3а) можно считать, что линия нагружена на кольцевой резонатор, обладающий большими индуктивностью (в следствие длины) и ёмкостью (в случае использования металлического экрана снизу).

Тоже происходит при питании двухпроводной полосковой линией (рис. 3б). Такая линия питания позволяет подавать питание в противофазе, меняя, таким образом, диаграмму направленности излучателя.

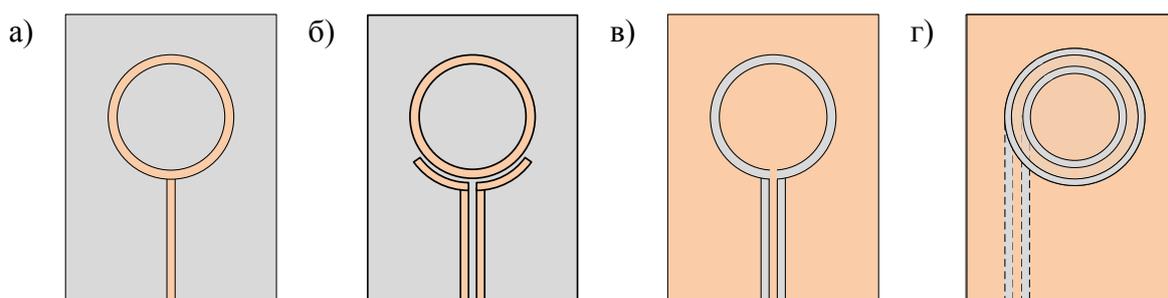


Рис. 3. Питание кольцевого излучателя на ПЛ (а, б), ЩЛ (в) и КЛ (г)

Для щелевого излучателя будем использовать питание от копланарного волновода (рис. 3в). Такую конструкцию можно рассматривать, как копланарный волновод, нагруженный на щелевой резонатор, или как короткозамкнутый копланарный волновод с неоднородностью в виде изменения ширины центрального проводника.

Для копланарного излучателя будем использовать питание из другого слоя копланарным волноводом (рис. 3г). Такой способ питания позволит сохранить неразрушенным сам резонатор и регулировать связь с линией посредством связной межэтажной коммутации.

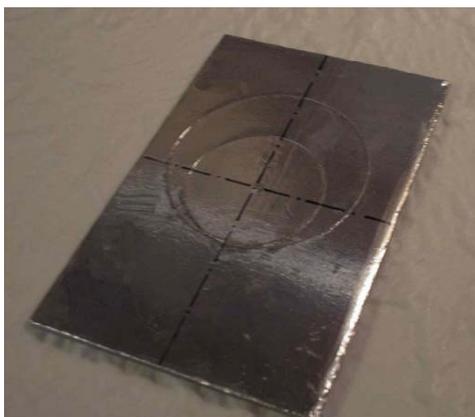


Рис. 4. Макет многополосного кольцевого излучателя на ЦЛ

ния экранируется.

На рис. 4 представлен макет экспериментального образца многополосного щелевого кольцевого излучателя. Макет показал при эксперименте двойной резонанс с хорошей добротностью, питание для данного макета было реализовано с обратной стороны стандартной несимметричной полосковой линией.

На рис. 5 представлена модель кольцевого резонатора, питаемого НПЛ. Толщина подложки 1 мм, диэлектрическая проницаемость – 9,8, расчётная частота – 1 ГГц. Длина НПЛ выбрана равной  $\lambda/4$ , чтобы минимизировать вносимое влияние.

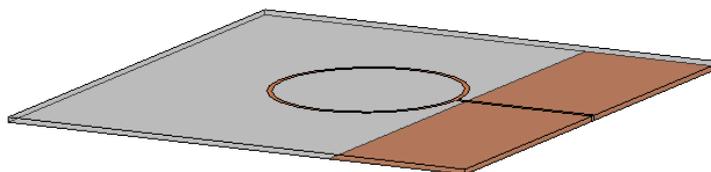


Рис. 5. Питание кольцевого излучателя на ПЛ

На графике коэффициента отражения (рис. 6) видно несколько резонансов, повторяющихся примерно через 1,4 ГГц. Таким образом, резонансная частота требует корректировки.

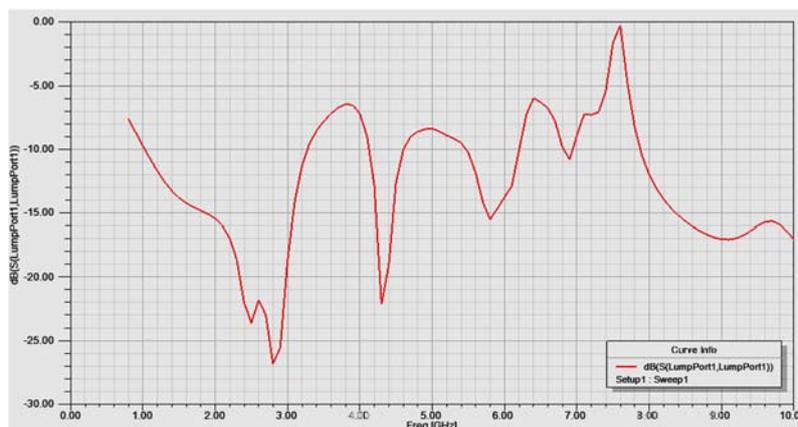


Рис. 6. График S11 параметра от частоты в диапазоне от 800 МГц до 10 ГГц

Максимальное усиление получено на частотах 2,5 и 7,6 ГГц – от 15 до 20 дБ. Диаграмма направленности поля в дальней зоне (ДН) в вертикальной плоскости для двух углов ( $0^\circ$  и  $90^\circ$ ) для этих двух частот приведены на рис. 7. Следует отметить, что на частоте 2,5 ГГц получено наилучшее согласование, а на частоте 7,6 ГГц – полное рассогласование.

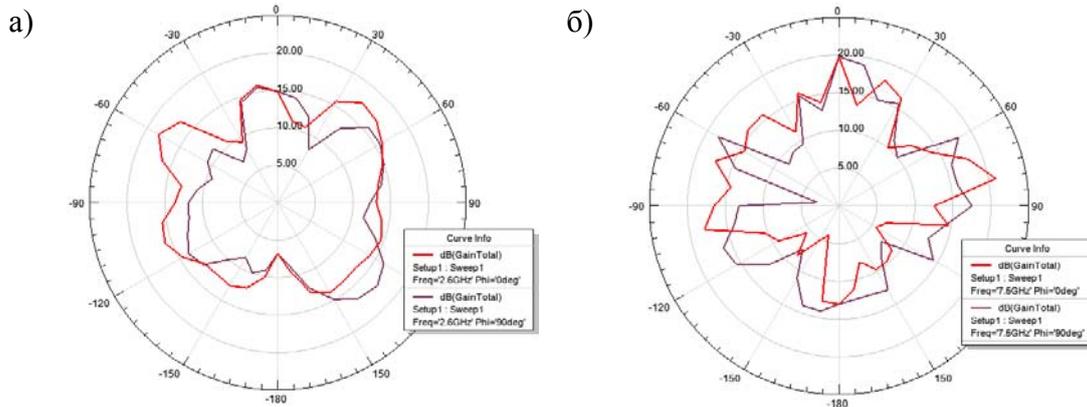


Рис. 7. ДН излучателя на ПЛ на частоте 2,5 ГГц (а) и 7,6 ГГц (б)

На рис. 8 представлен кольцевой полосковый излучатель, состоящий из четырёх излучателей, длины которых рассчитаны для частот 1.0, 1.1, 1.2 и 1.3 ГГц соответственно. На рис. 9 приведён график коэффициента отражения. Резонансов, как и ожидалось, стало больше, но согласование в целом ухудшилось – необходимо уточнение геометрических параметров в месте соединения колец.

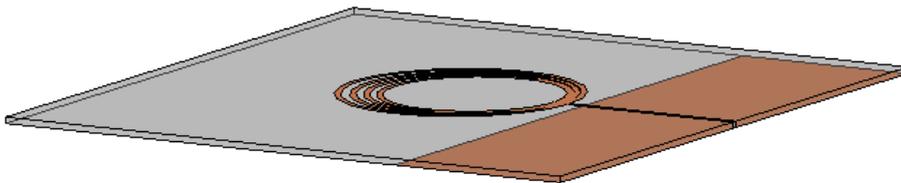


Рис. 8. Мультикольцевой излучатель (МКИ) с питанием на ПЛ

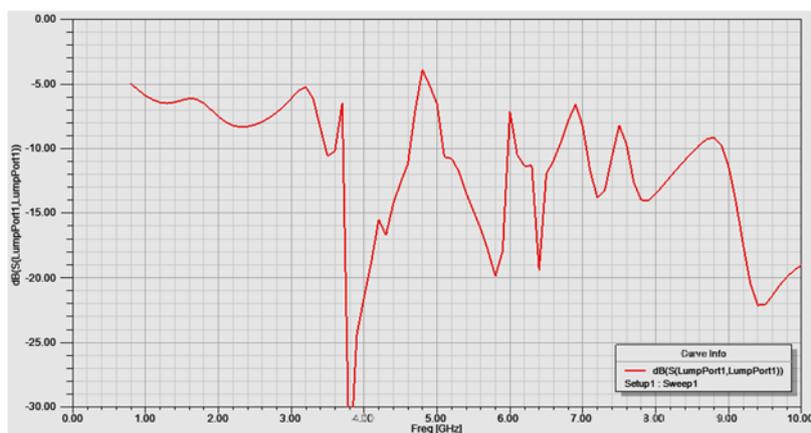


Рис. 9. График S11-параметра от частоты для МКИ

На рис. 10 приведены диаграммы направленности поля в дальней зоне для частот 3.3 и 3.7 ГГц с максимальным коэффициентом усиления – около 7 дБ.

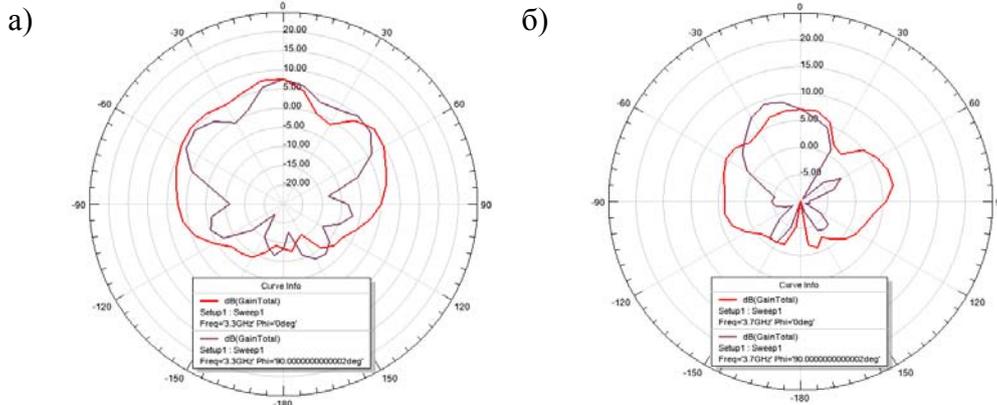


Рис. 10. ДН МКИ на ПЛ на частоте 3,3 ГГц (а), 3.7 ГГц (б)

На данном этапе исследования, несмотря на необходимость дальнейшего уточнения топологий, очевидно, что кольцевые резонаторы представляют интерес для создания многополосных устройств, в том числе излучателей благодаря собственной частотной избирательности и возможности использования внутреннего пространства в кольце.

#### Список используемых источников

1. Булатова И. А., Седышев Э. Ю. Микроволновые излучатели на основе планарных резонаторов // Актуальные проблемы инфокоммуникаций в науке и образовании. V Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. СПб. : СПбГУТ, 2016. С. 176–181.

2. Булатова И. А., Седышев Э. Ю. Микроволновые спиральные излучатели, интегрированные в метаматериал // Актуальные проблемы инфокоммуникаций в науке и образовании. IV Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. в двух томах. СПб. : СПбГУТ, 2015. С. 629–633.

УДК 621.375.026

**РЕАЛИЗАЦИЯ РЕЖИМА С МАКСИМАЛЬНЫМ КПД  
В ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ КЛЮЧЕВЫХ ГЕНЕРАТОРАХ  
С ВНЕШНИМ ВОЗБУЖДЕНИЕМ****А. А. Ганбаев, Д. С. Прялухин, В. А. Филин**

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*Проводится исследование нового ключевого режима  $E_m$  усиления ВЧ колебаний. Анализируются особенности проектирования, выполняется моделирование режима  $E_m$  в программе FASTMEAN.*

*ключевые усилители мощности, гладкий режим переключения.*

Проблема построения энергетически эффективных транзисторных усилителей мощности и генераторов, используемых в диапазонах высоких (ВЧ) и сверхвысоких частот (СВЧ) по-прежнему остается актуальной. Низкочастотная часть СВЧ диапазона (единицы гигагерц) в настоящее время активно осваивается мобильной радиосвязью где, как правило, используются транзисторные усилители, работающие в традиционных режимах усиления (А, АВ), обладающих высокой линейностью, но низким КПД.

Наибольший выигрыш по КПД имеют мощные устройства, в которых применяются ключевые режимы работы транзисторов. До недавнего времени эти режимы ограничивались диапазоном сравнительно низких частот (сотни килогерц – единицы мегагерц). В последние годы появились новые типы полевых транзисторов: нитрид-галлиевые (GaN) транзисторы, динамические свойства которых позволяют применять их в ключевых режимах на частотах в сотни мегагерц-единицы гигагерц [1].

Известно, что наиболее высокочастотным ключевым режимом усиления колебаний является режим Е, предложенный Н. Сокалом [1], который в настоящее время активно исследуется с целью применения в диапазоне 1–2 ГГц. На рис. 1 представлены временные диаграммы напряжения и тока через транзистор в режиме Е.

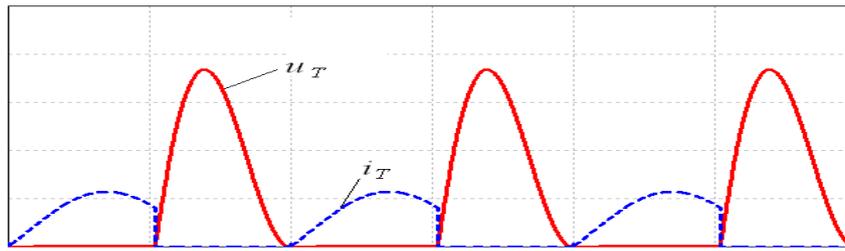
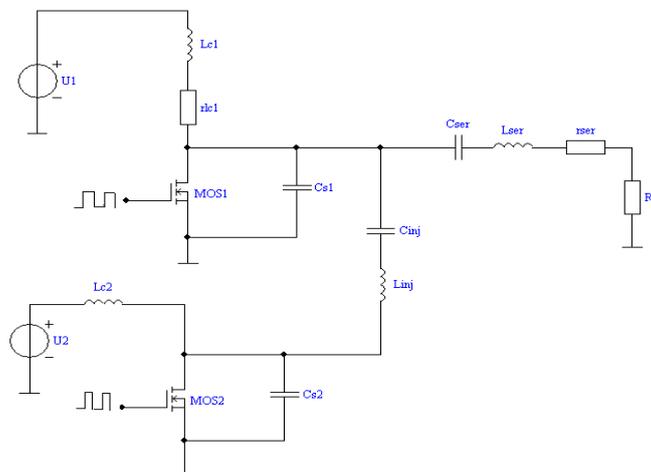


Рис. 1. Ток и напряжение на транзисторе в режиме E

Из рассмотрения рис. 1 следует, что при выключении транзистора, напряжение на нем плавно возрастает, а ток скачком падает до нуля. На практике, т. е. при работе схемы с реальным транзистором, ток падает постепенно, из-за чего возникают потери мощности. Для минимизации этих потерь необходимо затратить большую мощность возбуждения, что является серьезным недостатком режима E и с повышением частоты переключения транзистора эта проблема все более усугубляется.

Преодолеть указанный недостаток режима E позволяет так называемый режим  $E_m$ , ( $m$  – *microwave*) [3]. Было предложено усложнить топологию схемы, введением дополнительного каскада (второго транзистора), который работает на мощность не более  $1/3$  от мощности основного каскада и настраивается на вторую гармонику от основной рабочей частоты. Схема ключевого усилителя класса  $E_m$  приведена на рис. 2.

Рис. 2. Схема усилителя класса  $E_m$ 

Более практичный способ расчета параметров режима  $E_m$  был предложен в [5]. По предложенной методике основной и вспомогательный каскады проектируются как общая цепь. Транзистор в основном каскаде включается на половину периода основной частоты, а во вспомогательном – на  $3/4$  периода основной частоты с задержкой на  $1/4$  периода. На рис. 3 представлены

временные диаграммы управляющего сигнала, напряжения, и тока через транзистор в режиме  $E_m$ , для основного (а) и вспомогательного (б) каналов.

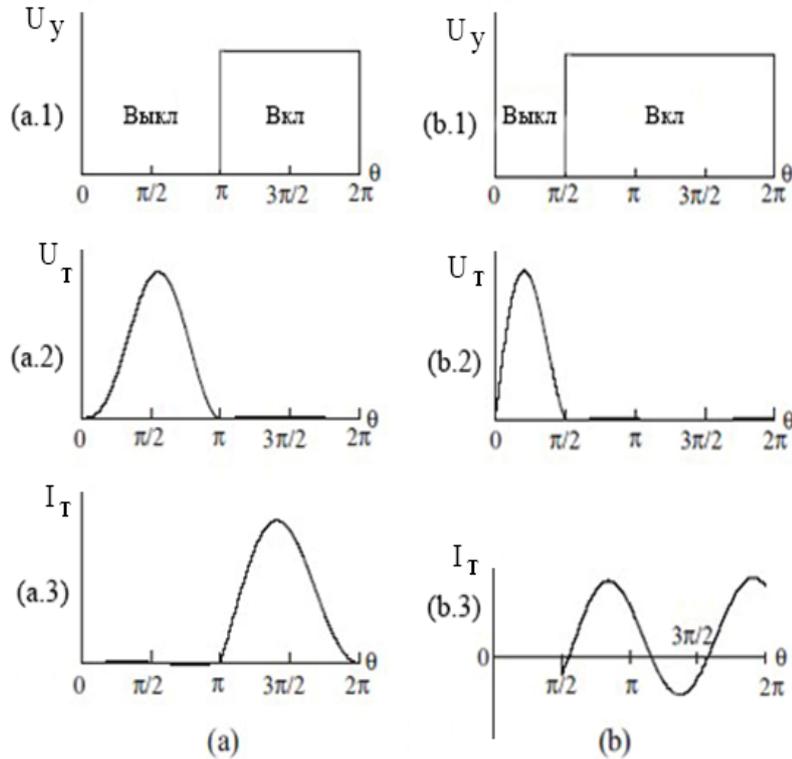


Рис. 3. Осциллограммы основной цепи (а) осциллограммы вспомогательной цепи (б):  
1 – управляющий сигнал, 2 – напряжение на ключе, 3 – ток через транзисторный ключ

Методика расчета параметров элементов усилителя режима  $E_m$  сводится к решению нелинейных алгебраических уравнений, которые подробно описаны в [4]. Расчетные значения элементов схемы усилителя режима  $E_m$  для рабочей частоты 3,5 МГц и выходной мощности 13,5 Вт в соответствии с описанной в [5] методикой проектирования представлены в табл.

ТАБЛИЦА. Расчетные значения элементов схемы усилителя режима  $E_m$   
для рабочей частоты 3,5 МГц и выходной мощности 13,5 Вт

Элементы	Lc1	Lser	Cs1	Cser	Lc2	Linj
Расчетные значения элементов	180 мкГн	6,44 мкГн	1140 пФ	321 пФ	49,6 мкГн	2,37 мкГн
Элементы	Cs2	Cinj	R2	rser	rlc1	
Расчетные значения элементов	654 пФ	253 пФ	13,5 Ом	421 мОм	12,7 мОм	

Проводилось моделирование схемы рис. 2 с параметрами, указанными в табл. в программе FASTMEAN. На рис. 4 представлены осциллограммы напряжения и тока в транзисторе основного каскада в установившемся режиме.

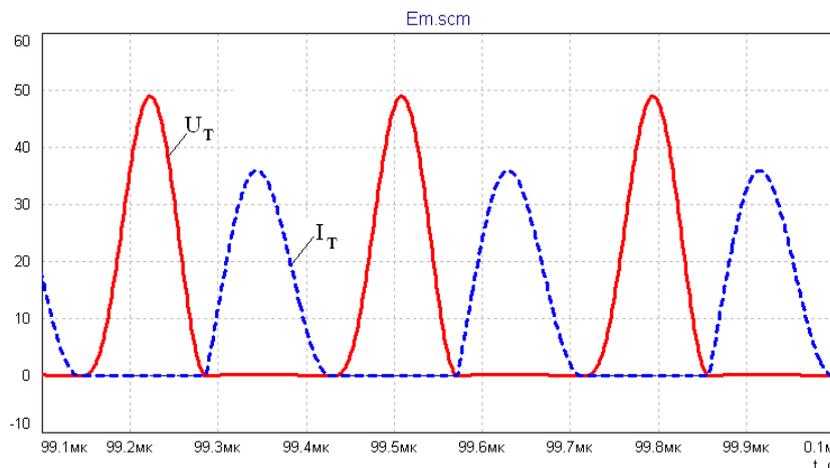


Рис. 4. Ток и напряжение на транзисторе основного каскада в режиме  $E_m$

Анализ представленных осциллограмм показывает, что в основном каскаде, генерирующем значительную часть выходной мощности, реализован абсолютно гладкий режим  $E_m$ . В моменты включения и выключения транзистора основного каскада не происходит скачков напряжения и тока: волна напряжения на транзисторе плавно переходит в волну тока и наоборот. Общий КПД исследованной схемы составил 95 %.

Цель следующего этапа исследования состоит в реализации данного режима в диапазоне СВЧ, а также в синтезе согласующих и фильтрующих цепей на отрезках полосковых линий. Решение этих задач позволит создать прототип интегральной схемы, которая реализует режим усиления  $E_m$  в диапазоне единиц гигагерц.

#### Список используемых источников

1. Крыжановский В. Г. Транзисторные усилители с высоким КПД. Донецк: Алекс, 2004. 448 с.
2. Grebennikov A., Sokal N. O., Franco M., Switchmode RF Power Amplifiers. UK: Elsevier Inc., 2012. PP. 338–343.
3. Telegdy A., Moln'ar B., and Sokal N. O., Class-EM Switching-Mode Tuned Power Amplifier—High Efficiency With Slow-Switching Transistor // IEEE Trans. Microwave Theory Tech. 2003, N 6. PP. 1662–1676.
4. Sekiya H., Sasase I., Mori S., Computation of design values for class E amplifiers without using waveform equations, // IEEE Trans. Circuits Syst., 2002, N 7. PP. 966–978.
5. Miyahare R., Sekiya H., Kazimierzczuk M. K., Design of Class-EM power amplifier taking into account auxiliary circuit // Orlando, IECON'2008, 17–19 nov. 2008, IEEE Industrial Electronics Conference, 2008. PP. 679–684.

УДК 621.375.026

**ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМА АВТОКОЛЕБАНИЙ  
В УПРАВЛЯЕМОМ РЕЗОНАНСНОМ ИНВЕРТОРЕ ТОКА****А. А. Ганбаев, В. А. Филлин**

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*Рассматривается задача построения управляемого резонансного инвертора тока для работы в автоколебательном режиме. Исследуются условия и предельные соотношения для параметров инвертора, обеспечивающие автоматическую подстройку частоты автоколебаний под режим переключения транзисторов в нуле напряжения. Приводятся результаты компьютерного моделирования процессов и расчета характеристик.*

*резонансный инвертор тока (РИТ), режим автоколебаний.*

Международный стандарт применения частот в промышленности, научных исследованиях и медицине (ISM) предполагает создание и применение высокоэффективных транзисторных генераторов значительных мощностей (единицы киловатт), работающих, на частотах от 13,56 МГц до 2,4 ГГц. В настоящее время известны разработки энергетически эффективных ключевых транзисторных генераторов, работающих в ВЧ и СВЧ диапазонах, КПД которых превышает 85 %. Это обусловлено в первую очередь последними достижениями в технологиях полевых и биполярных транзисторов, обладающих существенно более высокими энергетическими и скоростными характеристиками, чем их предшественники. Наиболее перспективными среди полевых транзисторов являются нитрид-галлиевые транзисторы, которые позволяют значительно увеличить рабочую частоту ключевых усилителей мощности и генераторов. Проводятся широкие исследования по разработке методов усиления радиочастотных модулированных колебаний, а также разрабатываются промышленные ВЧ генераторы для нагрева металла и плазмы, DC-DC преобразователи с предельно высокой частотой переключения транзисторных ключей. Как известно наиболее высокочастотным из ключевых режимов является режим E и его модификации [1, 2, 3]. Данный режим также является наиболее хорошо изученным теоретически для случаев внешнего возбуждения и автоколебаний [4, 5, 7].

ВЧ ключевой режим колебаний может также быть реализован в резонансном инверторе тока (РИТ), классическая мостовая схема которого описана в монографиях и учебниках по преобразовательной технике [6].

Однако практическое применение РИТ не нашел из-за возможных перенапряжений на транзисторах и дросселе. Также отсутствуют схемотехнические решения и эффективные методы управления мощностью колебаний.

На рис. 1 приведена компьютерная модель управляемого РИТ, составленная и исследованная в программе Advanced Design Systems (ADS). В этой схеме устранены недостатки классического РИТ и найдено схемотехническое решение по управлению ВЧ колебаниями с помощью широтно-импульсной модуляции (ШИМ). Однако приведенная модель предполагает работу генератора в режиме внешнего возбуждения на рабочей частоте равной резонансной частоте высокодобротного контура. Это условие обеспечивает режим переключения транзисторных ключей моста в нуле напряжения на них (ZVS) и практически может быть выполнено при фиксированной резистивной нагрузке.

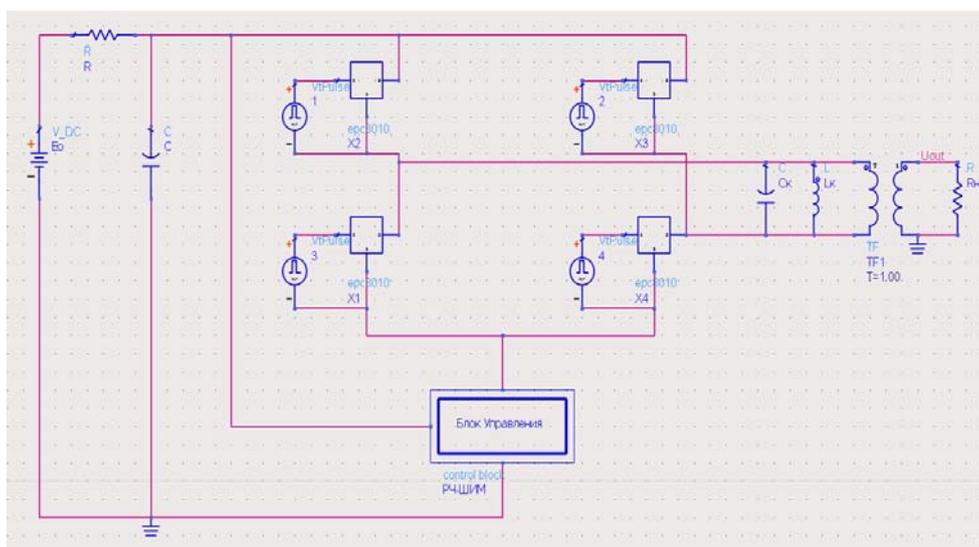


Рис. 1. Модель управляемого РИТ

При использовании мощных ВЧ генераторов в технологических процессах, например, для нагрева металла или плазмы, требуется сохранить режим с высоким КПД при изменении характера и величины нагрузки. Приведенная на рис. 2 схема управляемого РИТ может сохранять высокий КПД, обеспечивая переключения транзисторов моста в нуле напряжения при изменяющейся нагрузке, если ее перевести в автоколебательный режим.

На рис. 2 показана идеализированная математическая модель управляемого РИТ в режиме автоколебаний. В этой схеме постоянный управляющий ток соответствует установившемуся значению тока дросселя, а ток прямоугольной формы на выходе компаратора COMP1 соответствует значению тока в диагонали моста. Моделирование процессов в этой схеме позволяет получить идеализированные диаграммы напряжений и токов в ключевом ав-

тогенераторе без учета влияния ВЧ пульсаций. Основные параметры исследуемого автогенератора следующие: мощность в нагрузке  $P_n = 400$  Вт, резонансная частота контура  $f = 10$  МГц, волновое сопротивление  $W_r = 50$  Ом.

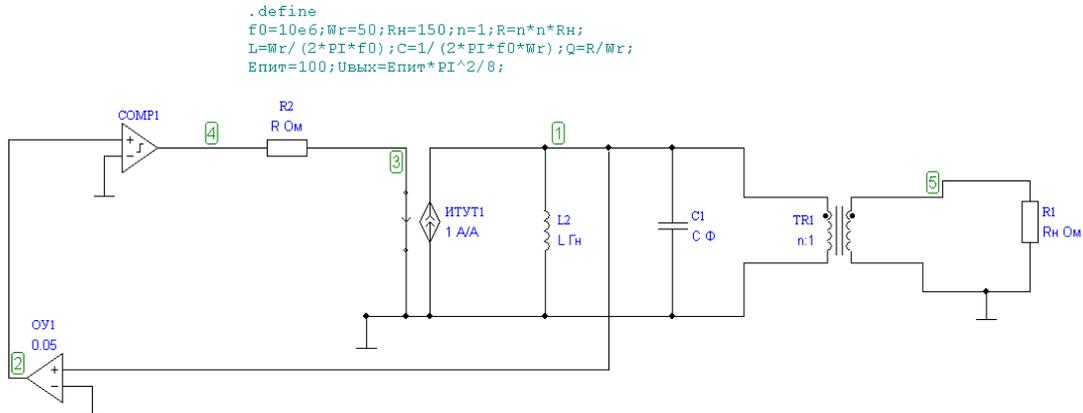


Рис. 2. Идеализированная математическая модель управляемого РИТ в режиме автоколебаний

На рис. 3 приведены временные диаграммы тока в диагонали моста и напряжения на нагрузке в установившемся автоколебательном режиме при минимально-возможной добротности контура  $Q = 0,7$ , а также спектр напряжения. Аналогичные кривые и их спектры для добротностей нагруженного контура  $Q = 1,0$  и  $Q = 5,0$  приведены, соответственно, на рис. 4 и 5.

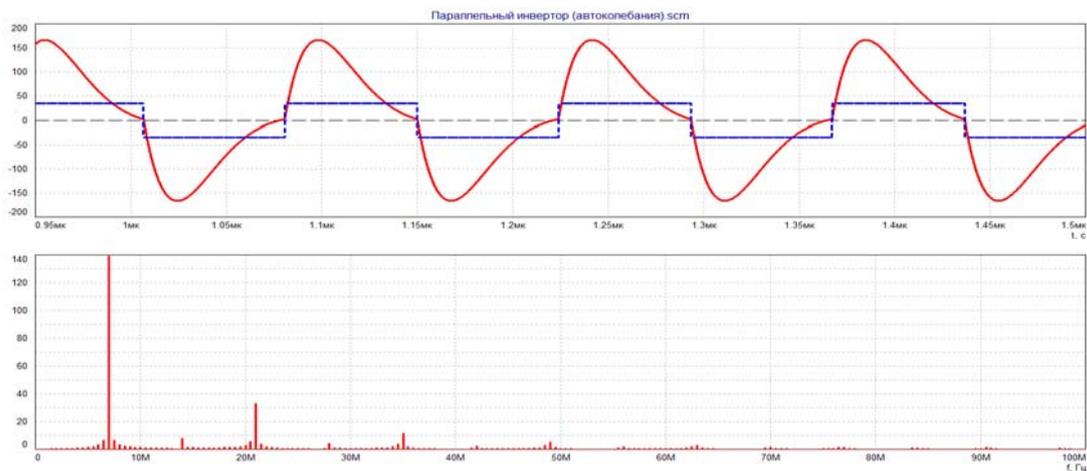


Рис. 3. Временные диаграммы тока и напряжения на нагрузке (и спектр) при добротности  $Q = 0,7$

По приведенным диаграммам на рис. 3, 4 и 5 видно, что при минимальной добротности  $Q = 0,7$ , при добротностях  $Q = 1$ ,  $Q = 5$  режим переключения транзисторов моста происходит при нуле напряжения на транзисторе. При низких значениях добротности частота автоколебаний сдвигается в область более низких значений от заданной резонансной частоты контура, подстраиваясь под заданное значение нагрузки. Напряжение в нагрузке при

этом становится несинусоидальным, но при этом сохраняется важное свойство автогенератора в ключевом режиме: переключения происходят в нуле напряжения на транзисторах моста.

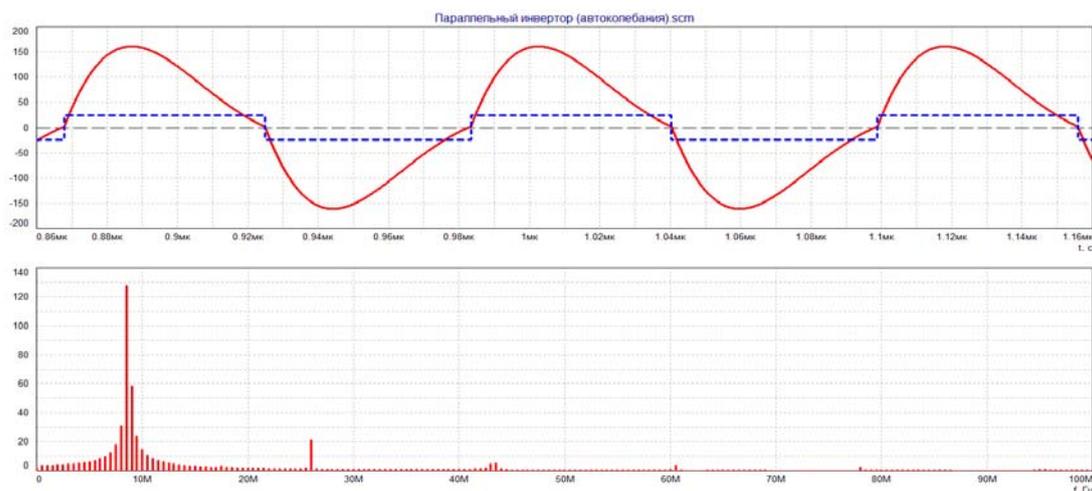


Рис. 4. Временные диаграммы тока и напряжения на нагрузке и спектр при добротности  $Q = 1,0$

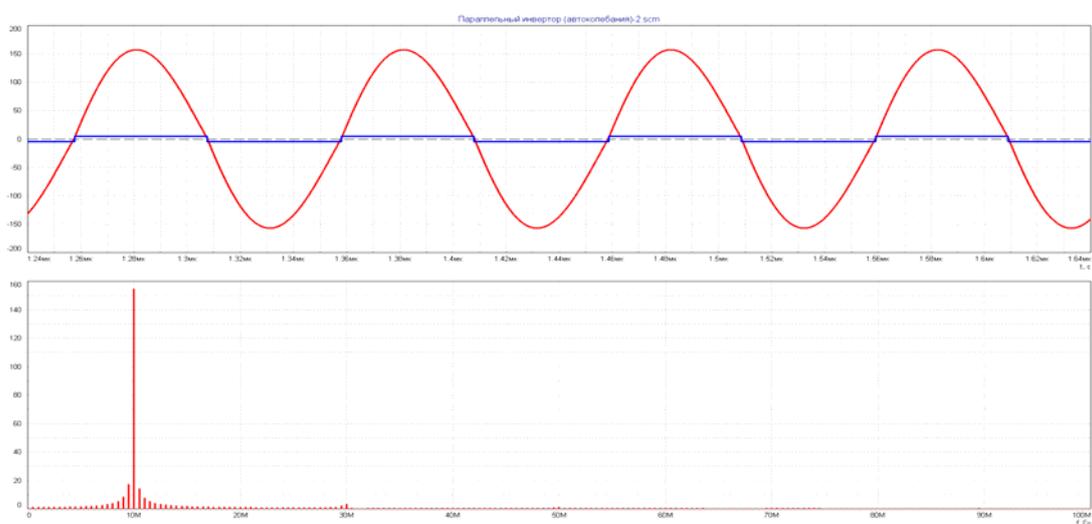


Рис. 5. Временные диаграммы тока и напряжения на нагрузке и спектр при добротности  $Q = 5.0$

На рис. 6 приведена практическая функциональная схема ключевого генератора в автоколебательном режиме. Особенностью ключевого режима является то, что в исходном состоянии транзисторы моста закрыты. Поэтому в схеме используется синхронизированный мультивибратор для запуска режима автоколебаний. Также в схеме требуется защита от дополнительных переключений (дребезга), которые могут заметно увеличивать потери мощности. Избежать такого эффекта можно применив логическую схему на цифровых устройствах (ПЛИС, микроконтроллеры, процессоры ЦОС).

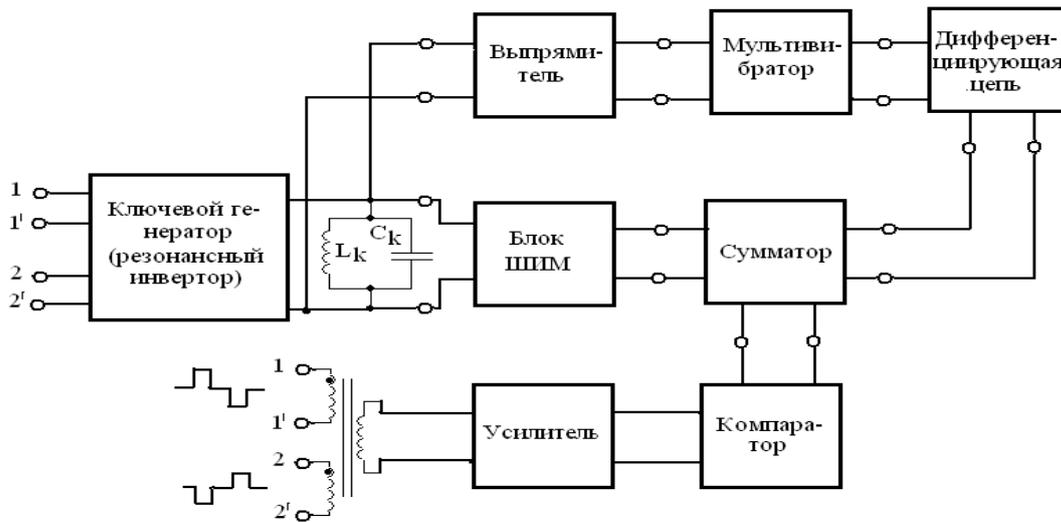


Рис. 6. Практическая функциональная схема ключевого генератора в автоколебательном режиме

*Вывод:* Исследования математической модели управляемого РИТ в автоколебательном режиме показали, что, данная схема обеспечивает режим устойчивых автоколебаний и переключения в нуле напряжения (ZVS) при изменении добротности в широких пределах. С изменением нагрузки (добротности) происходит автоматическая подстройка частоты автоколебаний под режим ZVS путем ее уменьшения от резонансной частоты колебательного контура.

Дальнейшей целью исследований является задача создания на основе функциональной схемы практического макета управляемого РИТ в режиме автоколебаний и исследование его характеристик.

#### Список используемых источников

1. Dr. Andrzej Samulak. System Analyses of Class-S Power Amplifier. Germany : Erlangen, 2010.
2. Крыжановский В. Г. Транзисторные усилители с высоким КПД: монография. Донецк : Апекс, 2004. 448 с.
3. Dr. Andrei Grebennikov, Nathan O. Sokal, Marc J. Franco. Switchmode RF Power Amplifiers. Elsevier Inc. 2012.
4. Филин В. А., Ганбаев А. А. Анализ методов модуляции ВЧ-колебаний в ключевых генераторах // Труды учебных заведений связи. 2016. Т. 2. № 2. С. 39–44.
5. Ганбаев А. А., Филин В. А. Применение дельта-сигма модуляции в ключевых усилителях мощности // Труды учебных заведений связи. 2016. Т. 2. № 3. С. 78–83.
6. Артым А. Д. Повышение эффективности радиопередающих устройств. М. : Радио и связь, 1987. 176 с.
7. Филин В. А., Смирнов В. С., Головин А. Н. Расчет стационарного режима ключевого автогенератора методом смещенных переходных характеристик // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. 2011. Т. 14. № 4. С. 46–52.

УДК 681.516.3

## СХЕМА МЯГКОГО ВЫБОРА АКТИВНОГО КАНАЛА В СИСТЕМЕ С ОБРАТНЫМИ СВЯЗЯМИ

**А. Н. Головин, В. С. Смирнов**

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*Рассматривается задача реализации системы управления с обратными связями одновременно по нескольким переменным. После независимого проектирования отдельных каналов обратной связи возникает задача их объединения в единую систему управления. Очевидные решения, например суммирование выходов каналов или выбор одного канала («жесткий» либо «мягкий» выбор), работают неудовлетворительно из-за взаимного влияния между каналами и неверных начальных условий. Предлагается специальная схема объединения отдельных каналов в единую систему управления. Работа схемы демонстрируется на примере двунаправленного DC-DC преобразователя.*

*многоканальная система с обратными связями, схема мягкого выбора, двунаправленный DC-DC преобразователь.*

Рассмотрим систему управления с обратными связями по нескольким выходным переменным (рис. 1). Управляемая система имеет один управляющий вход  $x(t)$  и несколько выходов  $y_1(t)$ ,  $y_2(t)$ ,  $y_3(t)$ . Передаточные функции по Лапласу  $H_1(p)$ ,  $H_2(p)$ ,  $H_3(p)$  описывают свойства системы по каждой выходной переменной. Организованы независимые каналы обратной связи  $C_1(p)$ ,  $C_2(p)$ ,  $C_3(p)$ . Каждая независимая петля обратной связи  $H_i(p) * C_i(p)$  устойчива. Организована схема мягкого выбора канала с весовыми коэффициентами  $k_i$ . Расчет весовых коэффициентов выполняется исходя из технических требований к системе, конкретный метод расчета не имеет существенного значения. В частности, может использоваться схема жесткого выбора одного канала, т. е.  $k_1 = 1, k_2 = k_3 = 0$  либо  $k_2 = 1, k_1 = k_3 = 0$  либо  $k_3 = 1, k_1 = k_2 = 0$ . Может использоваться схема выбора с фиксированными весовыми коэффициентами  $k_1 = k_2 = k_3 = 0,33(3)$ .

При использовании любой схемы выбора активного канала в системе возникают неудовлетворительные переходные процессы при смене канала, также возможно возникновение неустойчивости всей системы управления. Причиной неудовлетворительной работы является возникающее взаимное влияние между каналами, не учитываемое при их отдельном проектировании. Необходимо решить задачу построения общей системы управления, сохранив при этом независимый подход к проектированию каждого отдельного канала.

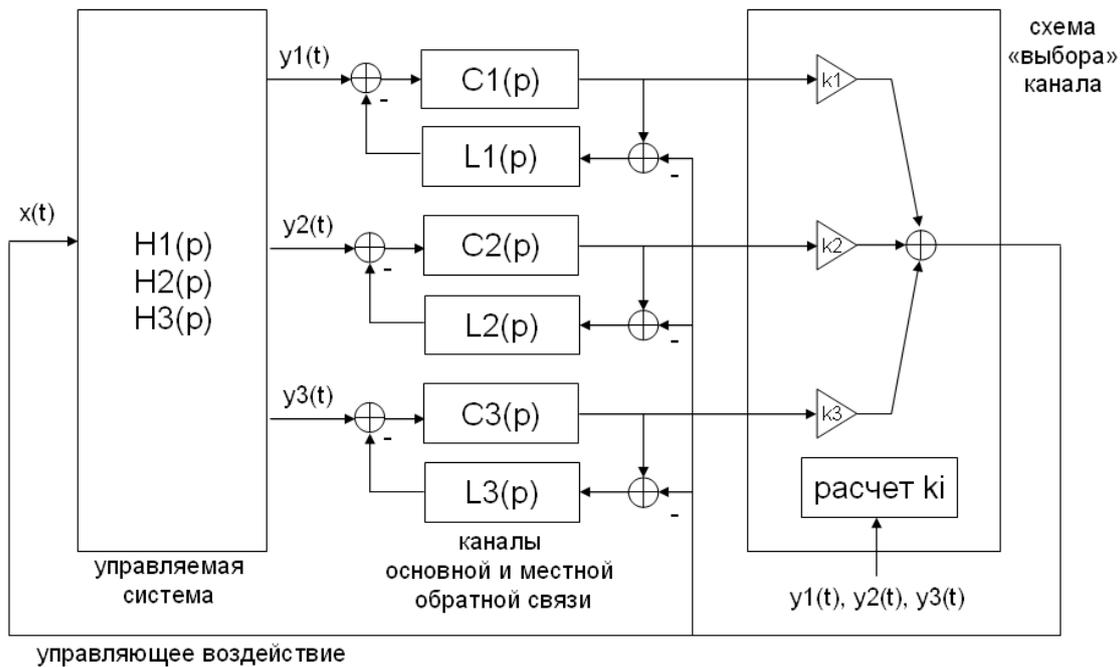


Рис. 1. Схема системы управления с обратными связями по нескольким переменным

Для этого в систему вводятся каналы местной обратной связи  $L1(p)$ ,  $L2(p)$ ,  $L3(p)$  (рис. 1) по аналогии со схемой нелинейного динамического корректора [1]. Каждая местная петля обратной связи  $C_i(p) * L_i(p)$  проектируется устойчивой. Глубина обратной связи местной петли выбирается равной 20–30 дБ. Полоса частот местной обратной связи выбирается соизмеримой с полосой частот основной петли  $H_i(p) * C_i(p)$  (по уровню 0 дБ).

Введение каналов местной обратной связи  $L_i(p)$  является решением, позволяющим организовать устойчивую совместную работу нескольких каналов обратной связи. При этом вариант используемой схемы выбора активного канала не имеет принципиального значения.

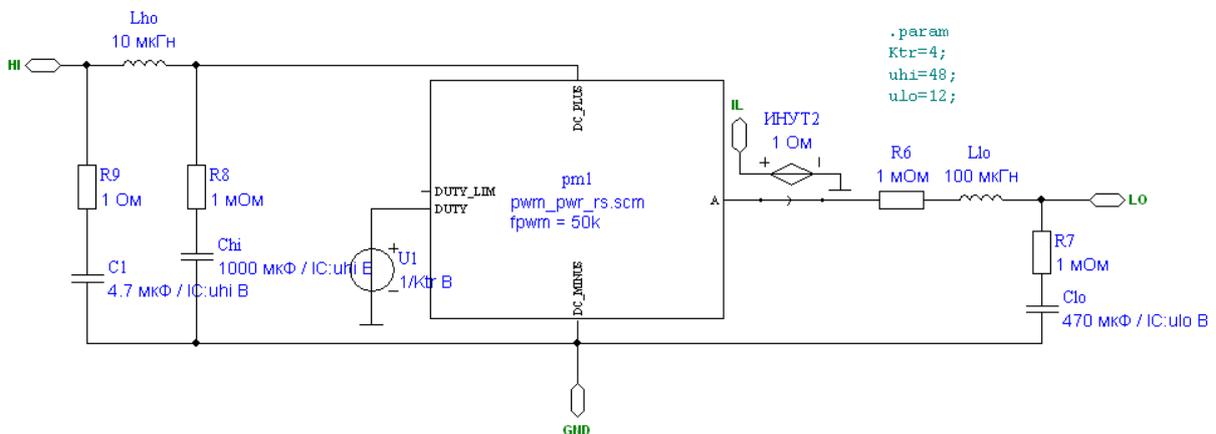


Рис. 2. Модель двунаправленного DC-DC преобразователя с ШИМ

Рассмотрим результат применения описанной схемы для управления двунаправленным DC-DC преобразователем с ШИМ (рис. 2). Напряжение на высокой стороне преобразователя 48 В, на низкой – 12 В. Мощность 100 Вт. Частота коммутации полупроводниковых ключей 50 кГц (рис. 3). Преобразователь должен обеспечивать передачу энергии в обоих направлениях без пропадания напряжения независимо от того, с какой стороны подключен источник.

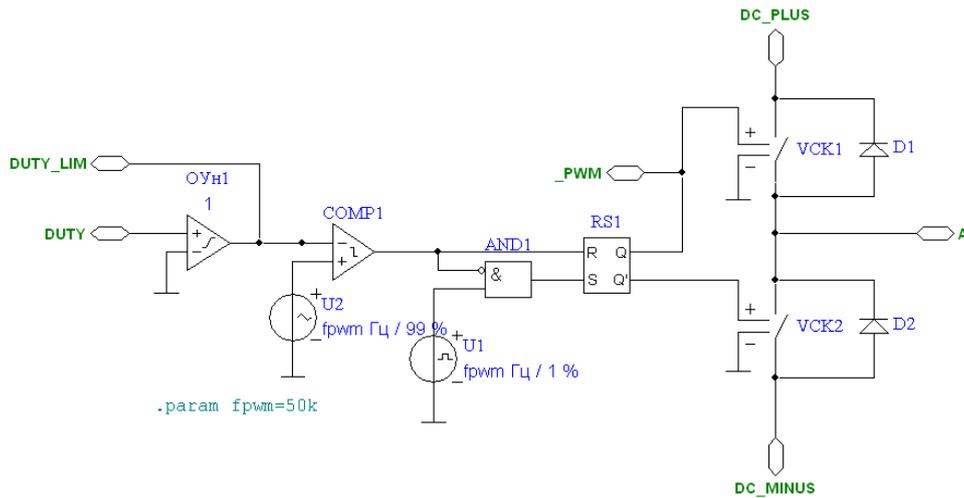


Рис. 3. Модель блока ШИМ и силовых ключей DC-DC преобразователя

Для тестирования системы управления преобразователя имитируется ситуация, когда источник энергии на стороне высокого напряжения отключается и одновременно подключается источник энергии на стороне низкого напряжения и наоборот (рис. 4).

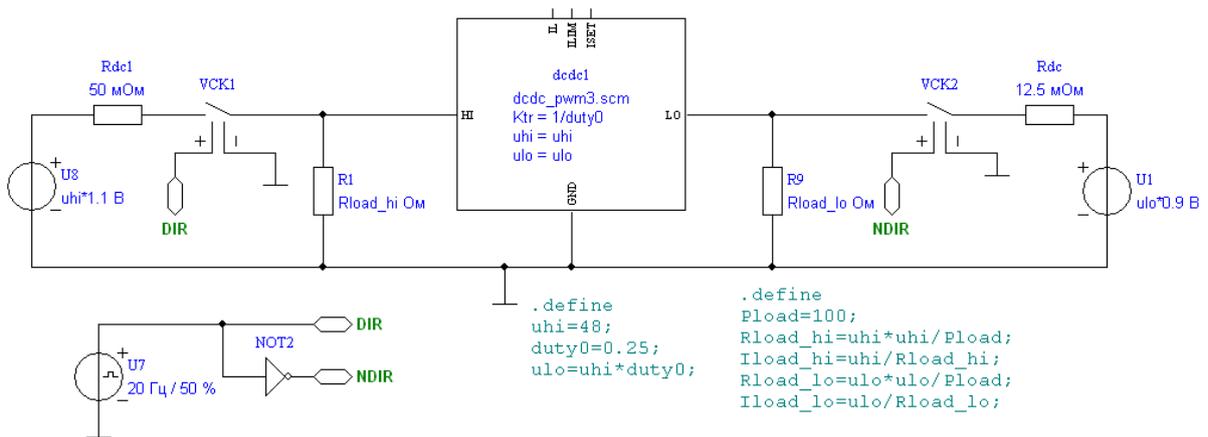


Рис. 4. Модель тестовой схемы DC-DC преобразователя

Модель системы управления (рис. 5) содержит два канала обратной связи по низкому (LO) и высокому (HI) напряжению. Схема мягкого выбора активного канала реализует поведение системы, имитирующее поведение

идеального трансформатора. В системе управления организованы каналы местной обратной связи  $L1(p)$  и  $L2(p)$ , обеспечивающие устойчивую совместную работу отдельных каналов. Выходным сигналом системы управления является задание на ток DC-DC преобразователя (контур обратной связи по току в статье не показан).

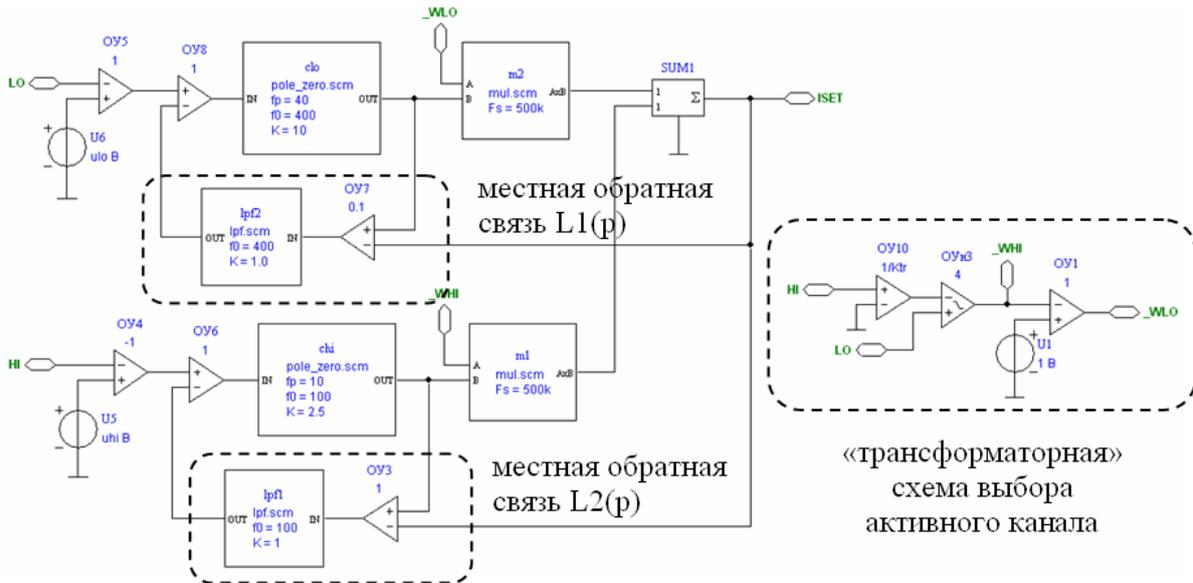


Рис. 5. Модель системы управления DC-DC преобразователя

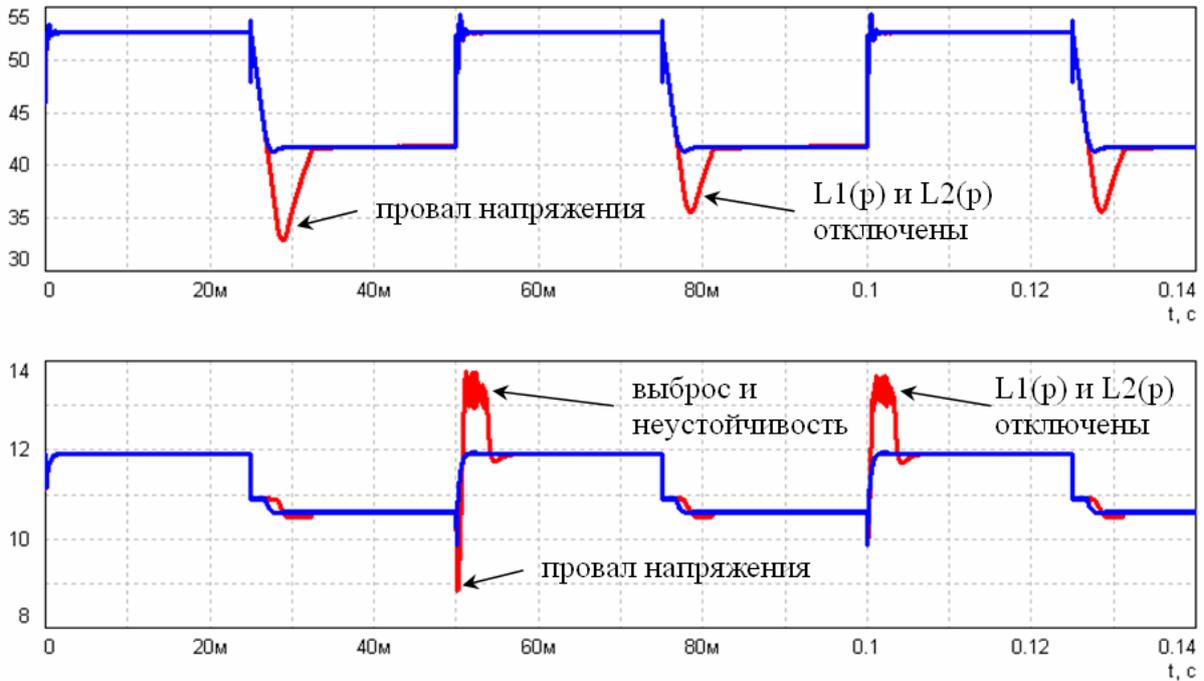


Рис. 6. Результат моделирования процессов в DC-DC преобразователе (сверху – напряжение на шине 48 В с местными обратными связями и без них, снизу – напряжение на шине 12 В с местными обратными связями и без них)

Моделирование процессов на стороне высокого (48 В) и низкого (12 В) напряжения DC-DC преобразователя при коммутации источника энергии показывает (рис. 6), что применение местных обратных связей обеспечивает плавную смену активного канала и устойчивую работу всей системы управления без существенных выбросов и провалов напряжения.

#### Список используемых источников

1. Лурье Б. Я., Энрайт П. Дж. Классические методы автоматического управления / под. ред. А. А. Ланнэ. СПб. : БХВ-Петербург, 2004. 640 с. ISBN 5-94175-356-1.

УДК 621.396.67

## СИНТЕЗ, МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОВОЛНОВОГО ПЛАНАРНОГО ЭЛЛИПТИЧЕСКОГО ПОЛОСНО-ЗАГРАЖДАЮЩЕГО ФИЛЬТРА С РЕАЛИЗАЦИЕЙ НА ТИПОВЫХ ЗВЕНЬЯХ

**А. Р. Кубалова, А. П. Максимов**

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*В современных системах связи, радиолокации и радионавигации актуальна проблема снижения массогабаритных характеристик устройств. Предложен новый метод проектирования эллиптического микрополосковой полосно-заграждающего СВЧ фильтра с реализацией на типовых резонансных звеньях. Представлены примеры расчета фильтра, а также результаты электромагнитного моделирования и эксперимента.*

*СВЧ фильтр, микрополосковый фильтр, полосно-заграждающий фильтр, эллиптический фильтр, электромагнитное моделирование, преобразование Ричардса.*

Эллиптическим полосно-заграждающим фильтром (ПЗФ) называется фильтр, характеристика затухания которого равноволновая как в полосе пропускания (ПП), так и в полосе заграждения (ПЗ), и имеет нули передачи на конечных частотах вблизи краёв ПЗ. Данное свойство позволяет усилить крутизну переходной области АЧХ без повышения порядка ПЗФ. Нормированный ПЗФ на элементах с сосредоточенными параметрами получают путем частотного преобразования ФПНЧ, выбранного из таблиц Заала [1]. Для перехода к полосковой СВЧ структуре используется преобразование

Ричардса [2] и преобразования Курода-Леви для резонансных звеньев [3]. Каскадные соединения резонансных цепей и единичных элементов (ЕЭ) реализуются типовыми звеньями из связанных линий передачи по методу, разработанному Роудсом, Сканланом и Леви [4]. Рассмотрим порядок проектирования микрополоскового эллиптического ПЗФ на примере ТЗ: центральная частота  $f_0 = 1,5$  ГГц; относительная ширина ПЗ  $w = 10\%$ ; затухание в ПЗ  $a_S \geq 40$  дБ; сопротивление нагрузки  $Z_0 = 50$  Ом; порядок фильтра  $N = 4$ . Техническому заданию удовлетворяет ФПНЧ С0415-31с, вариант В (рис. 1). Значения элементов ФПНЧ:  $g_1 = 0,8057$ ;  $g_2 = 0,1382$ ;  $g_3 = 1,2286$ ;  $g_4 = 1,3534$ ;  $g_5 = 0,9311$ ;  $\Omega_r = 2,427$ . Представлена АЧХ выбранного ФПНЧ (рис. 1а и б). Для перехода от ФПНЧ к нормированному ПЗФ воспользуемся частотным преобразованием:

$$\Omega \rightarrow -\frac{1}{a_1 \left( \Omega - \frac{1}{\Omega} \right)}, \quad (1)$$

где  $\Omega$  – нормированная частота,  $a_1 = \frac{f_0}{f_2 - f_1}$ ;  $f_1 = f_0 - \frac{w f_0}{100\%}$ ;  $f_2 = f_0 + \frac{w f_0}{100\%}$

В результате преобразования элементов схемы (рис. 1) по (1) индуктивности становятся параллельными резонансными контурами, а емкости – последовательными резонансными контурами. Рассчитанные значения элементов преобразованной схемы нормированного ПЗФ (рис. 2) представлены в табл. 1.

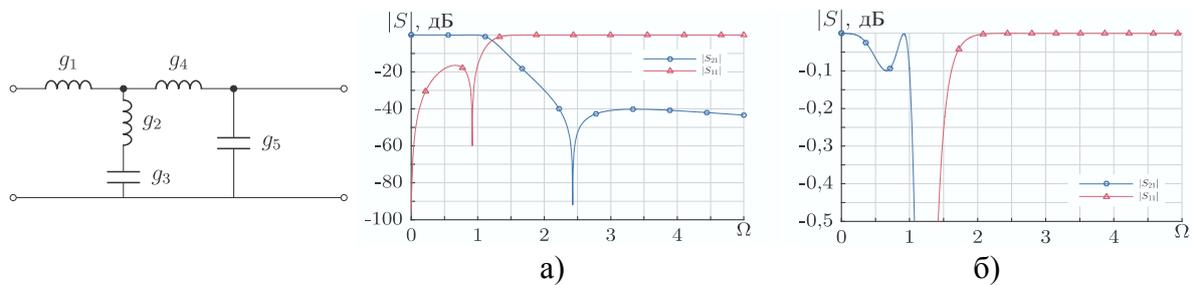


Рис. 1. Схема эллиптического ФПНЧ С0415-31с  
и АЧХ эллиптического ФПНЧ С0415-31с

Перейдем от элементов с сосредоточенными параметрами к короткозамкнутым и разомкнутым отрезкам линий передачи длиной  $\theta_0 = \pi/4$  на  $f_0$ . Для этого воспользуемся преобразованием Ричардса:  $\Omega \rightarrow \operatorname{tg} \theta$ , где:  $\Omega$  – нормированная частота,  $\operatorname{tg} \theta$  – новая частотная переменная. Относительная ПЗ фильтра на элементах Ричардса  $w = 6\%$ . сужение ПЗ компенсируется заменой  $a_1 \rightarrow a$ , где для узкополосного случая:

$$a = \frac{|\sin \theta_0|}{2\theta_0} a_1 = \frac{1}{1,57} \frac{1,5 \times 10^9}{1,575 \times 10^9 - 1,425 \times 10^9} = 7,570.$$

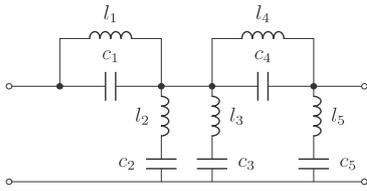


Рис. 2. Схема эллиптического ПЗФ на элементах с сосредоточенными параметрами

ТАБЛИЦА 1. Значения элементов схемы нормированного эллиптического ПЗФ

№ элемента	$l$	$c$
1	0,081	12,411
2	15,950	0,060
3	16,621	0,063
4	0,135	7,386
5	10,740	0,093

В преобразованной схеме элементы физически объединены в одной точке и не могут быть реализованы в виде полосковой структуры. Одним из наиболее распространенных способов разделения элементов цепей на линиях передачи служат тождества Курода, которые позволяют перемещать вдоль лестничной цепи, добавленные в нее ЕЭ так, чтобы они не меняли частотные характеристики фильтра. Конечной целью перемещений ЕЭ является получение типовых звеньев, для которых известны эквивалентные схемы на связанных линиях передачи. Рассмотрим этапы преобразований цепи фильтра: в исходную схему со стороны источника и нагрузки добавляются пять ЕЭ (рис. 3а); три ЕЭ последовательно перемещаются в направлении центральных резонаторов (рис. 3б и в); каскадные соединения ЕЭ и резонаторов преобразуются в типовые звенья на связанных линиях передачи (рис. 3г). В [3, с. 15–27] приведены эквивалентные схемы и формулы, используемые в статье. Волновые сопротивления элементов типовых звеньев (рис. 3г), масштабированные для сопротивлений источника и нагрузки  $Z_0 = 50$  Ом, приведены в таблице 2. АЧХ схемы эллиптического ПЗФ на идеальных связанных линиях передачи представлена на рис. 4.

ТАБЛИЦА 2. Волновые сопротивления (Ом) элементов типовых звеньев эллиптического ПЗФ

Звено 1		Звено 2		Звено 3		Звено 4		Звено 5	
$Z_{e1}$	$Z_{o1}$	$Z_{e2}$	$Z_{o2}$	$Z_{e3}$	$Z_{o3}$	$Z_{e4}$	$Z_{o4}$	$Z_{e5}$	$Z_{o5}$
70,98	35,34	69,14	37,19	67,80	36,02	74,69	29,53	76,49	37,14
$Z_{o1}$			$Z_{o2}$	$Z_{o3}$			$Z_{o4}$	$Z_{o5}$	
47,19			45,33	50,19			42,26	56,81	

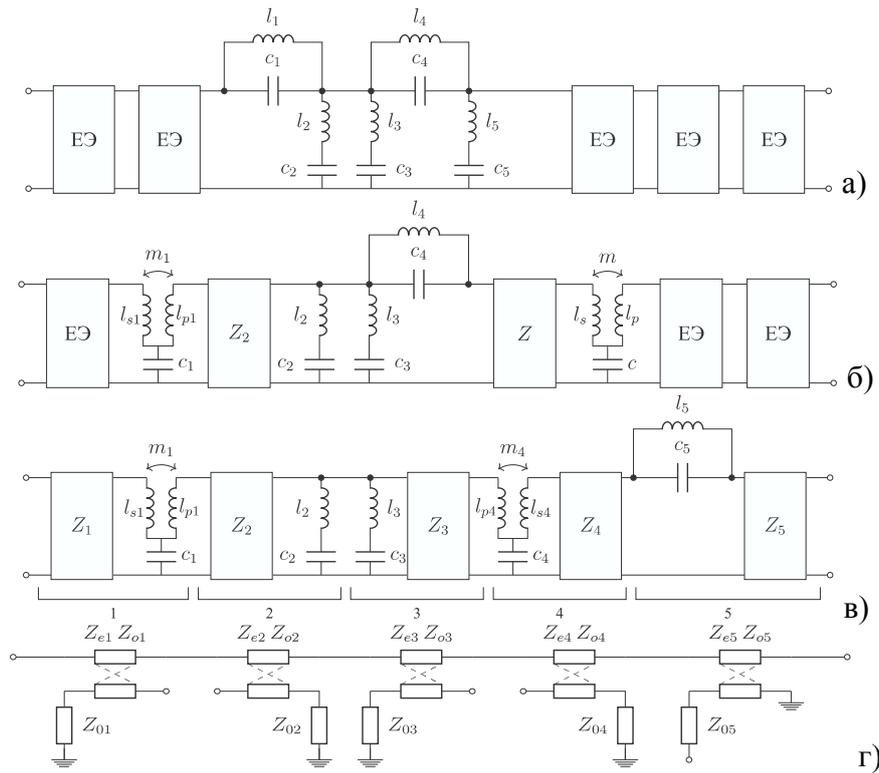


Рис. 3. Преобразования схемы эллиптического ПЗФ СВЧ на элементах с распределенными параметрами

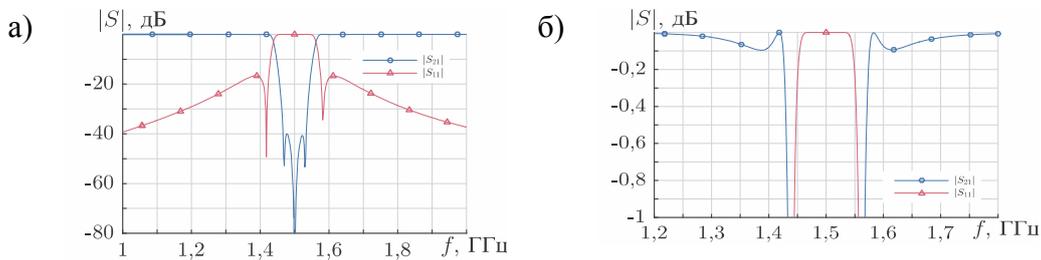


Рис. 4. АЧХ эллиптического ПЗФ на идеальных линиях передачи

В соответствии со схемой (рис. 3г) была синтезирована топология микрополоскового фильтра на материале Taconic Cer-10 с параметрами:  $\epsilon_r = 10$ , высота  $h = 1,27$  мм, толщина металлизации  $t = 35$  мкм, тангенс диэлектрических потерь  $\text{tg } \delta = 0,0035$ . Были проведены анализ и параметрическая оптимизация структуры фильтра в симуляторе электромагнитного поля HFSS. Исходные размеры микрополосковых связанных линий были рассчитаны по формулам из [5]. Полная топология ПЗФ СВЧ на материале Cer-10 представлена на рис. 5, а ее АЧХ, полученные в результате электромагнитного моделирования, на рис. 6. Физические размеры топологии с учетом металлизированных переходных отверстий и паразитных концевых емкостей плосков указаны в таблице 3. Методом фрезерования был изготовлен экспериментальный образец ПЗФ. Измерения электрических параметров устрой-

ства проводились в полосе частот от 1 до 2 ГГц на анализаторе цепей «Обзор-304/1». Фотография экспериментального образца представлена на рис. 5. На рис. 7 отображены измеренные частотные характеристики фильтра.

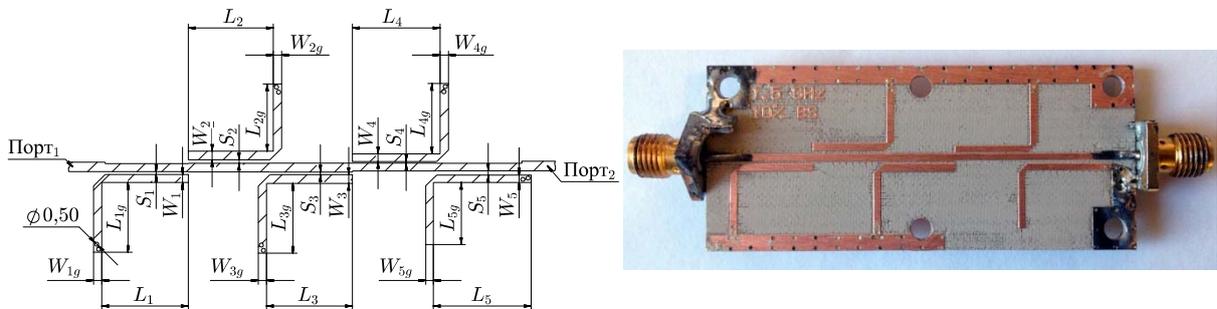


Рис. 5. Чертеж топологии эллиптического ПЗФ СВЧ на МПЛ и фотография экспериментального образца микрополоскового эллиптического ПЗФ

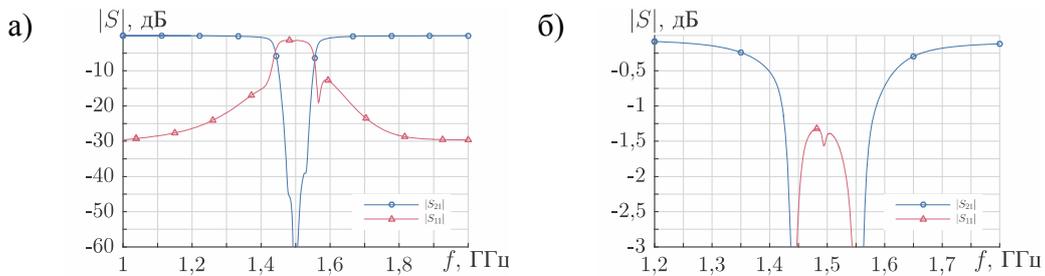


Рис. 6. АЧХ эллиптического ПЗФ на МПЛ, полученная в HFSS

ТАБЛИЦА 3. Размеры синтезированной топологии эллиптического ПЗФ СВЧ

№ звена	Размеры, мм				
1	$W_1$	$W_{1g}$	$L_1$	$L_{1g}$	$S_1$
	0,985	1,000	10,470	8,59	0,350
2	$W_2$	$W_{2g}$	$L_2$	$L_{2g}$	$S_2$
	1,050	1,000	10,300	8,275	0,440
3	$W_3$	$W_{3g}$	$L_3$	$L_{3g}$	$S_3$
	1,090	1,000	10,390	8,575	0,320
4	$W_4$	$W_{4g}$	$L_4$	$L_{4g}$	$S_4$
	0,950	1,000	10,610	8,650	0,200
5	$W_5$	$W_{5g}$	$L_5$	$L_{5g}$	$S_5$
	0,910	0,910	11,820	7,650	0,530

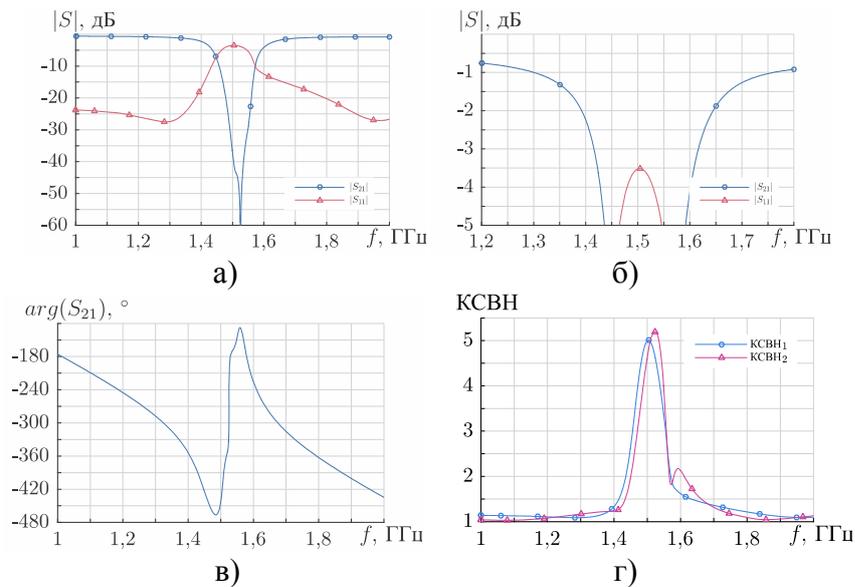


Рис. 7. Измеренные частотные характеристики экспериментального образца эллиптического ПЗФ на МПЛ

Была синтезирована планарная топология эллиптического ПЗФ на типовых звеньях на материале Taconic Cer-10 с  $\epsilon_r = 10$ ,  $h = 1,27$  мм,  $t = 35$  мкм и  $\text{tg } \delta = 0,0035$ . Проведено моделирование методом конечных элементов в симуляторе электромагнитного поля HFSS. Изготовлен экспериментальный образец и измерены его электрические характеристики. Теория, на которой основана процедура синтеза, подтверждается результатами моделирования и эксперимента. Сравнение рис. 4 и 6 показывает, что частотная характеристика ПЗФ с реализацией на МПЛ теряет симметрию относительно центральной частоты. Данное искажение АЧХ наблюдается и в случае микрополосковых ППФ на связанных линиях. Моделирование фильтра на идеальных линиях передачи с учетом потерь демонстрирует существенное влияние на форму АЧХ потерь в диэлектрике (см. рис. 4 и 6): нули и полюса передачи сглаживаются и становятся практически не различимы, увеличиваются потери вблизи частот  $f_1$  и  $f_2$ . Коэффициент отражения на  $f_0$  для макета фильтра оказался ниже теоретического на 2 дБ и составил  $-3,5$  дБ. Габариты экспериментального образца – 51,6 мм  $\times$  20,8 мм  $\times$  1,27 мм.

#### Список используемых источников

1. Зааль Р. Справочник по расчету фильтров. М.: Радио и связь, 1983. 752 с.
2. Richards P. I. Resistor-Transmission-Line Circuits // Proceedings of the IRE. 1948. Vol. 36, No. 2. PP. 217–220.
3. Кубалова А. Р., Томашевич С. В. Синтез и моделирование микроволновых фильтров. СПб.: Издательство СПбГУТ, 2012. 216 с.
4. Rhodes J. D., Scanlan J. O., Levy R. Realization of Microwave Brune Sections // Electronics Letters. 1965. Vol. 1, No. 9. PP. 268–269.

5. Kirsching M., Jansen R. H. Accurate Wide-Range Design Equations for the Frequency-Dependent Characteristic of Parallel Coupled Microstrip Lines // IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques. 1984. Vol. MTT-32, No. 1. PP. 83–90.

УДК 621.372.543.2

## ФИЛЬТР СВЧ-ДИАПАЗОНА 4-го ПОРЯДКА С ХАРАКТЕРИСТИКОЙ ЧЕБЫШЕВА НА ЛИНИИ С ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНО МЕНЯЮЩИМСЯ ВОЛНОВЫМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ

А. Э. Ланда

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевич

*Предложен новый вариант реализации согласующего фильтра СВЧ-диапазона с характеристикой Чебышева, в виде линии с меняющимся волновым сопротивлением. Фильтр имеет малый поперечный размер, его можно сравнительно легко разместить среди других элементов. Фильтр является компактным и простым в реализации и наличие прямой электрической связи.*

*фильтр СВЧ-диапазона, нерегулярная линия, согласование сопротивлений.*

В настоящей статье предложен новый вариант реализации фильтра Чебышева 4-го порядка в СВЧ-диапазоне, основанный на использовании нерегулярной линии, волновое сопротивление которой меняется по экспоненциальному закону (рис. 1).

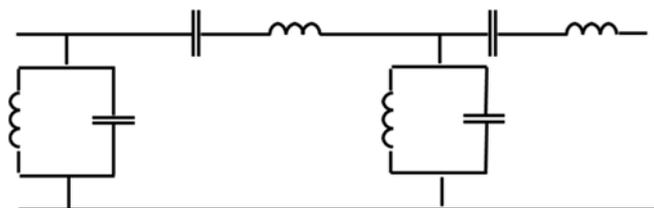


Рис. 1. Схема фильтра Чебышева 4-го порядка

Как правило, фильтры дециметрового и сантиметрового диапазона создаются на основе отрезков регулярных линий (т. е. на основе линий, имеющих постоянное волновое сопротивление) [1, 2]. К таким конструкциям относятся наиболее распространенные шлейфные фильтры и фильтры на связанных линиях. Эти фильтры имеют значительные поперечные размеры, что во многих случаях может оказаться недостатком.

Известен вариант реализации фильтра в виде единой линии, в которой чередуются полуволновые и четвертьволновые участки с разным волновым сопротивлением. Однако такая конструкция редко применяется на практике, так как требуется создание участков линии с очень высоким волновым сопротивлением. Как правило, создание таких участков технологически невыполнимо.

Использование нерегулярной линии (линии, имеющей плавно меняющееся волновое сопротивление) позволяет снизить максимальное волновое сопротивление и упрощает задачу реализации фильтра в виде единой линии.

Предлагаемая конструкция фильтра реализуется в виде линии (это может быть микрополосковая линия или копланарный волновод), в которой участки, равные четверти длины волны на центральной частоте и имеющие малое волновое сопротивление, чередуются с полуволновыми участками линии, имеющими высокое волновое сопротивление. Полуволновые участки имеют меняющееся по длине волновое сопротивление (изменение сопротивления происходит по экспоненциальному закону).

Для определения параметров фильтра была создана компьютерная программа, которая по заданной АЧХ определяет значения волновых сопротивлений участков линии, реализующей фильтр.

В созданной программе, помимо АЧХ, задается общая структура фильтра (длина фильтра и последовательность участков с низким и высоким сопротивлением) и пределы, в которых может вестись поиск волновых сопротивлений участков линии. Программа рассчитывает разные варианты фильтра и определяет последовательность сопротивлений, которая наиболее точно соответствует выбранной фильтровой характеристике.

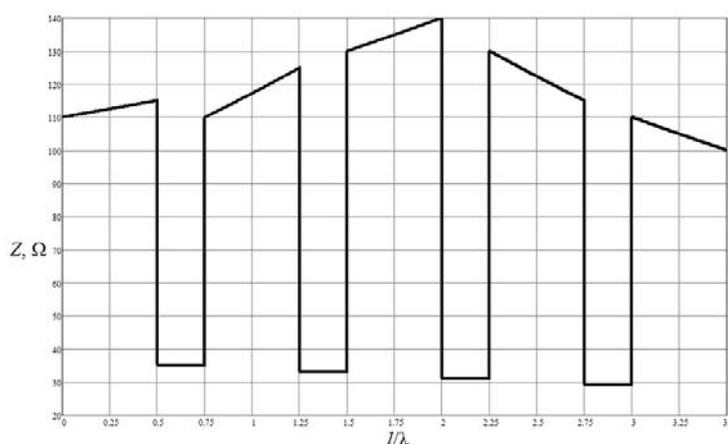


Рис. 2. График зависимости волнового сопротивления  $Z$  линии реализующей фильтр от длины ( $\lambda$  – длина волны на центральной частоте). Фильтр согласует нагрузки 50 и 19 Ом. Координата 0 является точкой подключения нагрузки в 50 Ом, координата  $3,5 \lambda$  соответствует точке подключения нагрузки в 19 Ом. На участках линии с меняющимся волновым сопротивлением, изменение сопротивления происходит экспоненциально

В качестве примера была рассчитана реализация полосно-пропускающего фильтра Чебышева 4-го порядка (рис. 1), рассчитанного на согласование сопротивлений в 50 и 19 Ом. Найденная реализация фильтра (рис. 2) точно аппроксимирует заданную АЧХ (рис. 3).

Волновые сопротивления линии, реализующей фильтр, меняются в пределах от 29 до 140 Ом, и таким образом устройство может быть реализовано на микрополосковой линии.

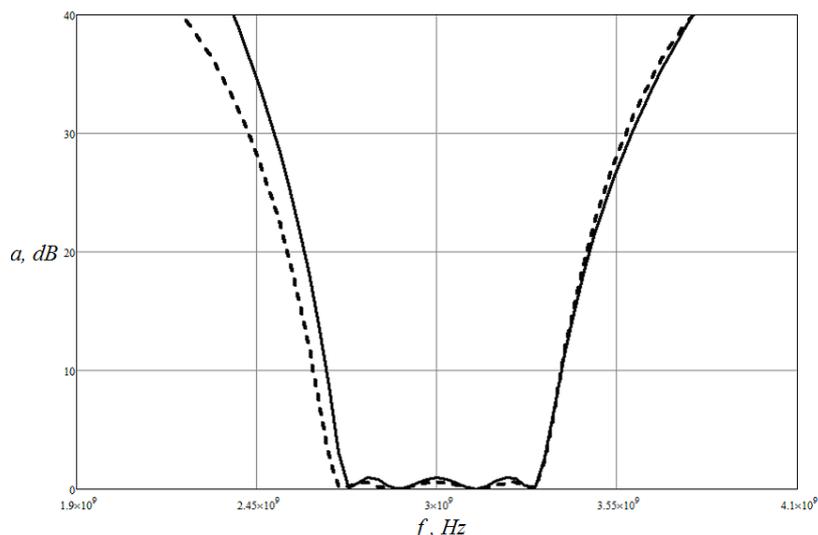


Рис. 3. Зависимость затухания идеального Чебышевского фильтра 4-го порядка от частоты (сплошная линия) и фильтра на линии с переменным сопротивлением (пунктирная линия)

Предложенный вариант реализации фильтра имеет определенные преимущества по сравнению с традиционными шлейфными фильтрами, или фильтрами на связанных линиях. Поскольку конструкция представляет собой единую линию, то поперечные размеры такого фильтра очень малы, и его можно сравнительно легко разместить среди других элементов. По сравнению с фильтрами на связанных линиях дополнительное преимущество может представлять наличие прямой электрической связи. Подобная реализация возможна и для других порядков, с характеристикой Чебышева, Баттерворта и Золотарева, рассчитанных на равные или на разные нагрузки.

#### Список используемых источников

1. Levy R., Snyder R. V., Matthaei G. Design of microwave filters // Microwave Theory and Techniques, IEEE Transactions on. 2002. Т. 50. №. 3. PP. 783–793.
2. Nath M. Review of Filter Techniques // International Journal of Engineering Trends and Technology. 2012. Vol. 3, Iss. 3. PP. 415–421.

УДК.621.391

## НОНИУСНОЕ УМНОЖЕНИЕ ЧАСТОТЫ С БОЛЬШОЙ КРАТНОСТЬЮ

Ю. А. Никитин

Санкт-петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*Рассмотрено умножение колебаний с большой кратностью с помощью кольца импульсно-фазовой автоподстройки частоты, тракт приведения в котором реализован с помощью широкополосного нониусного цифрового однополосного преобразователя частоты. Показано, что на выходе кольца ИФАП шумы и помехи, попадающие в полосу прозрачности (единичного усиления) умножаются значительно меньше, чем входная частота.*

*цифровой синтез частот, нониусный тракт приведения, цифровое однополосное преобразование частоты.*

Использование высокократного ( $N_{\text{ЭКВ}} \gg 100$ ) умножения частоты опорного колебания  $f_{\text{ОПНЧ}}$  с помощью кольца импульсно-фазовой автоподстройки частоты (ИФАП) позволяет сформировать колебание  $f_{\text{ВЫХВЧ}}$  в заданном диапазоне микроволнового участка спектра.

Качество синтезируемого колебания определяется относительным уровнем фазовых шумов, Шумы и помехи должны быть ниже уровня несущего (выходного) колебания  $f_{\text{ВЫХВЧ}}$  на 70...160 дБ (минус 70...160 дБн) в зависимости от отстройки от несущей, уровень дискретных побочных спектральных составляющих (ДПСС) не должен превышать минус 70...90 дБн и т. д. Обеспечение указанных величин изначально подразумевает малую величину помех, воздействующих на элементы синтезаторного кольца ИФАП.

В подавляющем большинстве случаев постоянная времени петлевого фильтра много больше периода дискретизации в кольце – периода сравнения  $T_{\text{ОПНЧ}}$ , – и «импульсностью» системы при анализе ее фильтрующих свойств в первом приближении можно пренебречь. В противном случае для анализа фильтрующих свойств кольца ИФАП следует использовать W-преобразование.

Для увеличения порядка астатизма умножающего кольца ИФАП параллельно цепи управления «выход ФД – вход ПГ» необходимо подключить интегратор, например, изодромное звено со схемой подкачки заряда ЧФД) [1]. В этом случае дифференциальное уравнение линейной непрерывной модели астатической системы ФАП (АФАП) записывают в виде:

$$s\varphi + \Omega_{\Sigma}F(\varphi) \times [(1 + sT_{\text{И}})/(sT_{\text{Д}})] = \Omega_{\text{Н}}, \quad (1)$$

где  $T_{\text{И}}$  – постоянная времени изодромного (дифференцирующего) звена;  $T_{\text{Д}}$  – постоянная времени интегрирующего звена ЧФД.

Выражение (1) справедливо, в принципе, и для импульсных синтезаторных (инерционных) систем ФАП – ИФАП.

Как правило, цепь отрицательной обратной связи в умножающем кольце ИФАП замыкают с помощью делителя с переменным – целочисленным или дробным, – коэффициентом деления, соответственно, ДПКД и ДДПКД [1].

Следствием такого решения является так называемый «пьедестал» – высокий уровень шумовых (фазовых) помеховых составляющих в ближайших окрестностях спектральной линии выходного колебания. Обычно такой спектр представляют в виде распределения спектральной плотности мощности (СПМ) фазовых шумов в одной боковой полосе, как это показано на рис. 1.

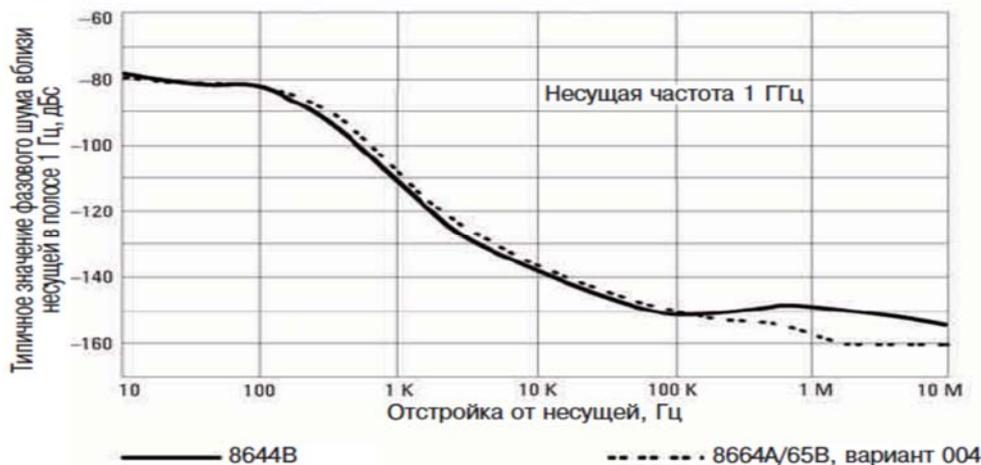


Рис. 1. Распределение спектральной плотности мощности фазовых шумов выходного колебания в зависимости от отстройки от несущей частоты 1 ГГц генератора Agilent 8644В/64А/65В

В любом случае, при высокочастотном умножении частоты уровень шумов в ближней зоне отстроек ( $f_{\text{ВыхВЧ}} \pm f_{\text{ФАП}}$ ) увеличивается в  $N$  раз, где  $N = f_{\text{ВыхВЧ}}/f_{\text{ОпнЧ}}$ , что нежелательно («пьедестал» находится в области отстроек 10...100 Гц на рис.1).

Выходом из сложившейся ситуации может быть замена целочисленного делителя ДПКД на делитель с дробным коэффициентом деления – ДДПКД. Помехи дробности не должны попасть в полосу прозрачности кольца  $f_{\text{ФАП}}$ , в противном случае, кольцо начнет обрабатывать эти помехи, что приведет к дополнительной угловой модуляции выходного колебания с частотой помехи, что неприемлемо.

Возможно и другое решение – построение тракта приведения кольца ИФАП в виде системы пассивного аналогового синтеза [2] со множеством линейных преобразований и аналоговой фильтрации продуктов этих преобразований. Такое решение позволяет резко уменьшить коэффициент умножения помех  $N_e$  при сохранении коэффициента умножения частоты  $N_f$ . Однако, затраты и сложность реализации резко возрастают, что для большинства систем синтеза неприемлемо.

Интересное решение указанного противоречия было предложено в [3] и описано в [4] – рис. 2. Идея заключается в формировании вспомогательной пары частот внутри умножающего кольца ИФАП с их последующим вычитанием. Вспомогательная пара частот образуется на выходах нониусного тракта приведения; коэффициент деления одного из делителей целесообразно делать дробным, а их абсолютные значения минимизировать.

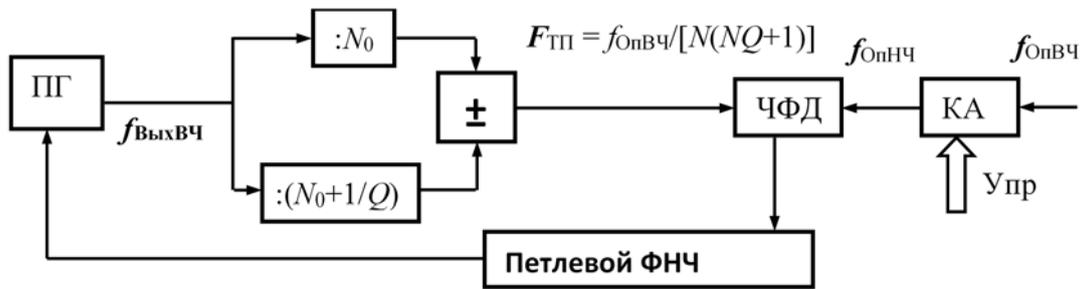


Рис. 2. Структура синтезаторного кольца ИФАП с нониусным дробным ТП, дополненным КА а тракте приведения и в тракте опорного колебания

Выходом нониусного тракта может служить элемент «исключающее ИЛИ» (сумматор по модулю 2) – точка  $F_{ТП}$  на рис. 2. В этом случае компонента с разностной частотой (полезная) и компонента с суммарной частотой имеют примерно равные амплитуды (рис.3), что не всегда приемлемо.

Поэтому целесообразно использовать цифровое однополосное преобразование спектра [5].

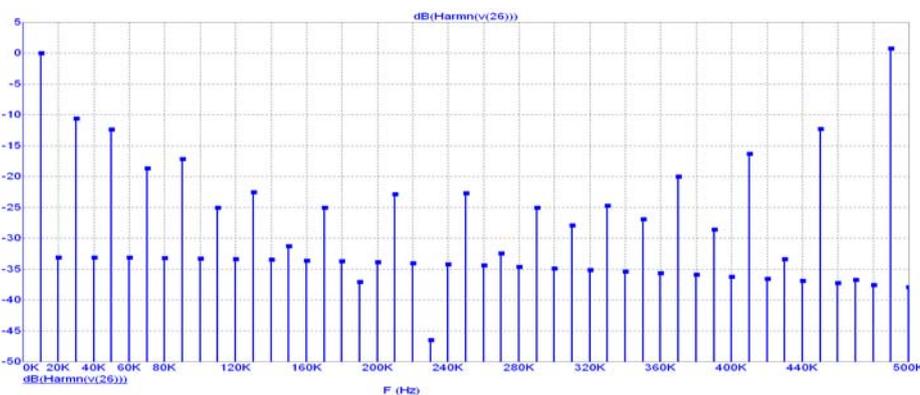


Рис. 3. Спектр на выходе схемы XOR нониусной ячейки при  $N_{ЭКВ} = 100$  и  $f_{ОпВЧ} = 1$  МГц

Форма колебания разностной частоты показана на рис. 4. Для последующей работы с цифровыми схемами синтезатора трехуровневое колебание надо расфильтровать, что несложно сделать с помощью простейших  $RC$  звеньев.

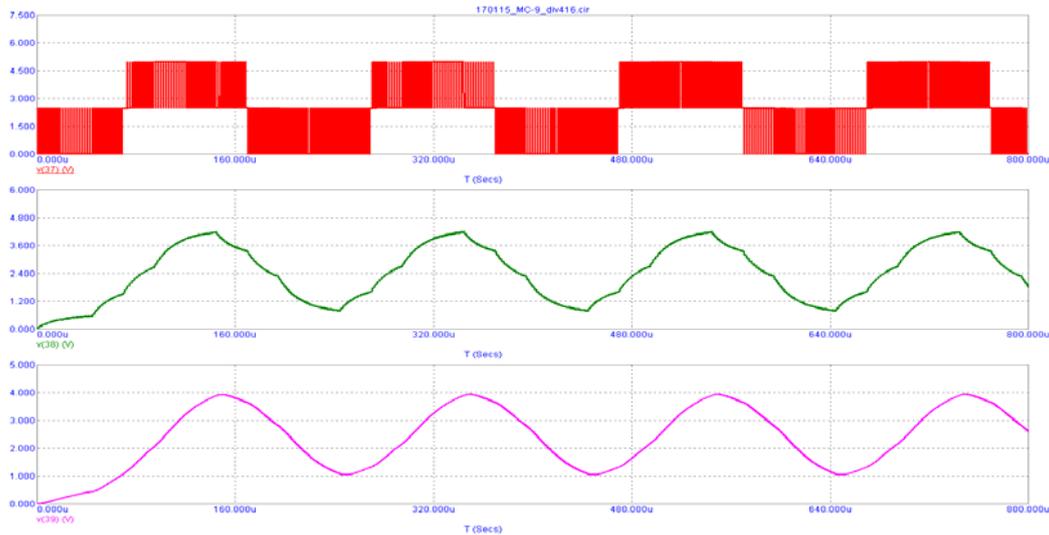


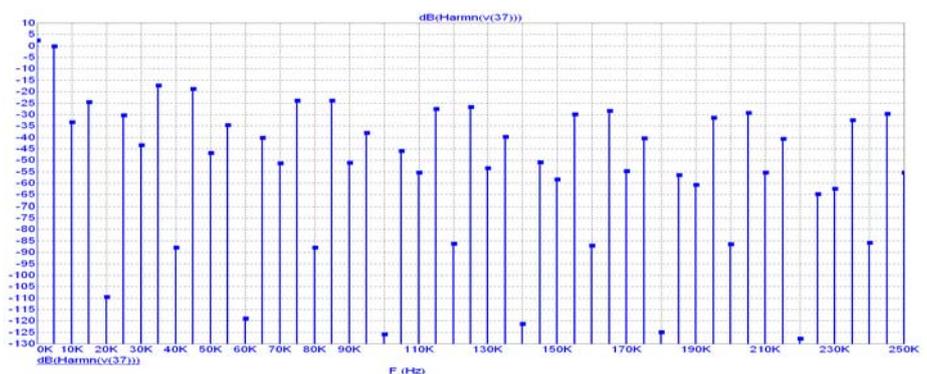
Рис. 4. Трехуровневый выходной сигнал на выходе цифрового однополосного нониусного тракта с частотой повторения 5 кГц, тот же сигнал после однозвенного  $RC$  ФНЧ с частотой среза 10 кГц и после двухзвенного  $RC$  ФНЧ с частотой среза 10 кГц

Спектр исходного трехуровневого колебания приведен на рис. 5а. На рис. 5б показан этот спектр после прохождения через однозвенный  $RC$  ФНЧ с частотой среза 10 кГц. На рис. 5в показан этот же спектр после прохождения через второй однозвенный  $RC$  ФНЧ с той же частотой среза 10 кГц.

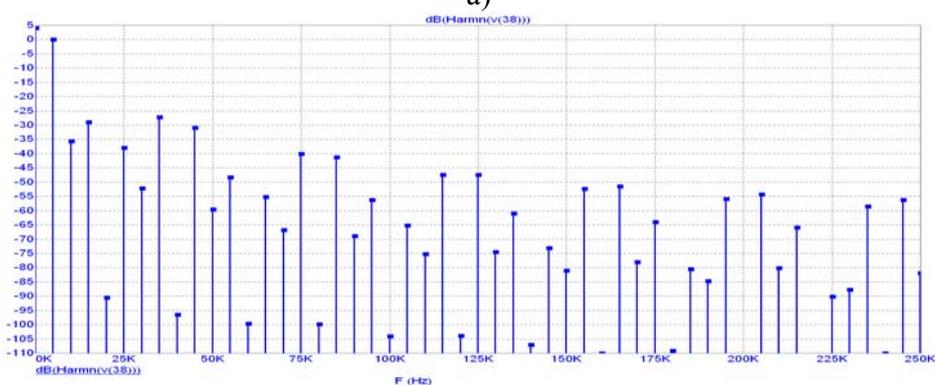
Анализ показывает, что двух – трех  $RC$  звеньев фильтрации достаточно для последующего преобразования полученного трехуровневого колебания разностной частоты в двухуровневое логическое колебание, необходимое для работы частотно-фазового детектора петли ИФАП.

В предельном случае коэффициент деления нониусного тракта может быть сделан равным двум при том, что эквивалентный коэффициент умножения частоты может составлять несколько тысяч. Например, при  $N_0 = 1$ ,  $Q = 499$   $N_f = 500 \times 2 = 1\,000$ .

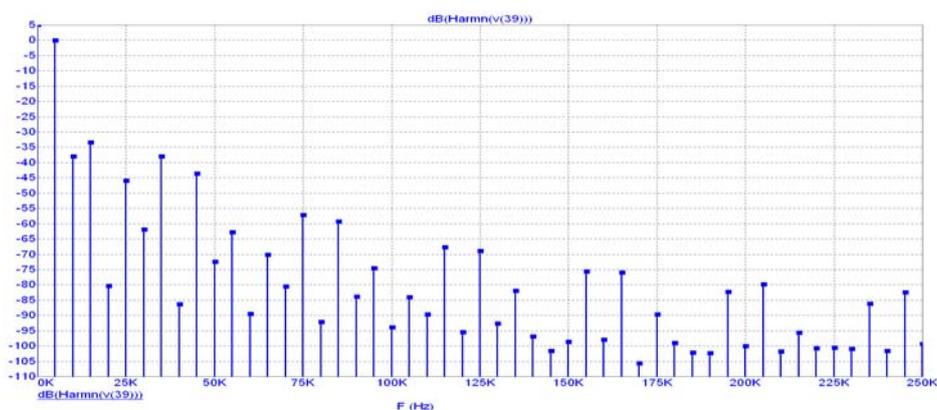
Сказанное означает, что опорное колебание  $f_{\text{ФНЧ}}$  будет умножено кольцом ИФАП с цифровым нониусным трактом в  $N_f = 1\,000$  раз, в то время, как шумы и помехи, приходящие с опорным колебанием и попадающие в полосу прозрачности кольца  $f_{\text{ФАП}}$ , будут умножены всего в  $N_e = 2$  раза.



а)



б)



в)

Рис. 5. Спектр выходного колебания на выходе нониусного преобразователя частоты до фильтрации (а), после фильтрации однозвенным  $RC$  ФНЧ (б), после фильтрации вторым однозвенным  $RC$  ФНЧ (в)

### Список используемых источников

1. Никитин Ю. А. Схемотехника современных микроволновых синтезаторов частот. Часть 2. Активный синтез частот: учебное пособие. СПб. : СПбГУТ, 2015. 95 с.
2. Кузменков А. С., Поляков А. Е., Стрыгин Л. В. Обзорный анализ современных архитектур синтезаторов частот с ФАПЧ // Труды МФТИ. Радиотехника и телекоммуникации. 2013. № 3. С. 121–133.
3. B. Sadowski A Self-offset Phase-locked Loop // Microwave Journal. 2008. Vol. 51. № 4. PP. 116–124.

4. Никитин Ю. А. Анализ дробного нониусного тракта приведения умножающего кольца импульсно-фазовой автоподстройки частоты // Известия вузов России. Серия Радиоэлектроника. 2012. № 1. С. 31–37.

5. Никитин Ю. А. Моделирование цифрового однополосного преобразования частоты в тракте приведения умножающего кольца ИФАП // Известия вузов России. Серия Радиоэлектроника. 2014. № 1. С. 16–21.

УДК 621.396, 53.07

## КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕМНОЖИТЕЛЕЙ (СМЕСИТЕЛЕЙ) ЧАСТОТЫ В СРЕДЕ MICRO-CAP ВЕРСИЙ 9–11

Ю. А. Никитин, В. А. Юрова

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*Чувствительность анализаторов спектра, измерительных приемников, которые широко применяются в производстве полупроводниковой электроники, радиосвязи, радиолокации и биохимических исследованиях, во многом определяется используемыми в них схемами перемножителей сигналов. В работе подобраны режимы работы и проведено компьютерное моделирование ряда базовых схем перемножителей сигналов (смесителей). Получены спектральные характеристики выходного колебания при различных уровнях входного сигнала и проведена их сравнительная оценка. Установлено, что схема перемножителя сигналов, выполненная на токовом зеркале, обладает лучшей линейностью преобразования, чем схема, спроектированная на обычном транзисторном каскаде, даже при большей величине уровня входного сигнала.*

*смеситель, транзистор, токовое зеркало, дифференциальный каскад, спектр, анализаторы спектра.*

Анализаторы спектра и измерительные приемники применяются для проведения измерений с высокой точностью электрооптических параметров материалов, применяемых в современных производствах микроэлектроники и разработке нанoeлектронных устройств, в лабораторных устройствах современной медицины и биохимических исследований. Работа анализаторов спектра во многом определяется используемыми в них схемами перемножителей сигналов, поэтому к ним предъявляются жесткие требования по линейности. Это обусловлено тем, что в результате взаимодействия ансамбля входных сигналов разной частоты на нелинейных элементах смесителя возникают интермодуляционные искажения, основным

способом борьбы с которыми является обеспечение линейности применяемых смесителей (перемножителей сигналов). Это подразумевает низкий уровень паразитных продуктов преобразования, то есть комбинационных составляющих порядка выше второго.

Аналогичные проблемы возникают в быстроперестраиваемых синтезаторах частоты, применяемых для сканирования микроволнового диапазона, в частности, при томографических и внутриклеточных исследованиях [1].

Таким образом, становится возможным обеспечивать высокую точность измерений для определения спектральных характеристик, в том числе для очень малых количеств вещества и многокомпонентных составов.

Целью исследования является получение спектральных характеристик схем перемножителей сигналов и сравнительный анализ линейности перемножения с использованием единого подхода и параметров активных элементов. В качестве объектов исследования были выбраны базовые схемы перемножителей, спроектированных на основе транзисторного каскада и каскада на токовом зеркале [1, 2, 3], которые используются как отдельные каскады, так и служат основой для разработки более сложных схем перемножителей сигналов – кольцевых и балансных [4, 5].

Для получения спектральных характеристик выходного сигнала и проведения сравнительного анализа работы указанных схем, была использована компьютерная программа моделирования электрических цепей Micro-Cap версий 9–11 [6]. Она позволяет проводить спектральные исследования различных структур смесителей в широком динамическом диапазоне, применяя встроенную базу электронных компонентов. Критерием линейности работы перемножителей был принят относительный уровень комбинационных составляющих порядка выше второго; одна из комбинационных составляющих второго порядка  $f_{\text{ВЫХ}} = f_{\text{СИГН}} \pm f_{\text{ГЕТ}}$  является полезным сигналом. На рис. 1 представлен спектр сигнала с интермодуляционными составляющими (ИМИ) второго и третьего порядка [7].

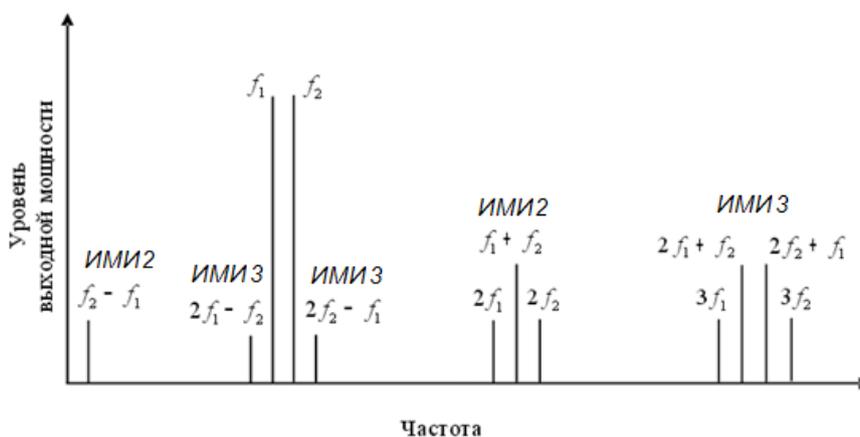


Рис. 1. Спектр сигнала с интермодуляционными искажениями 2-го (ИМИ2) и 3-го (ИМИ3) порядка

В ходе работы были подобраны параметры и режимы работы транзисторных схем смесителей, которые позволяют получить на выходе заданные уровень сигнала и коэффициент передачи (рис. 2). Были получены спектральные и временные характеристики исследуемых схем.

При напряжениях сигнала свыше 20 мВ, подаваемых на вход схемы каскада на биполярном транзисторе с общим эмиттером, наблюдается перегрузка. Таким образом, чтобы изменить значение абсолютного коэффициента передачи каскада  $K_{ГТ-ОЭ} = U_{Вых20кГц} / U_{Базы90кГц}$ , т. е.  $K_{ГТ-ОЭ} = U(4)/U(3)$ , нужно подобрать уровень входного сигнала. В дальнейшем были подобраны уровни входного сигнала 20 мВ и гетеродина 0,5 В, при этом получили значение абсолютного коэффициента передачи каскада 0,57.

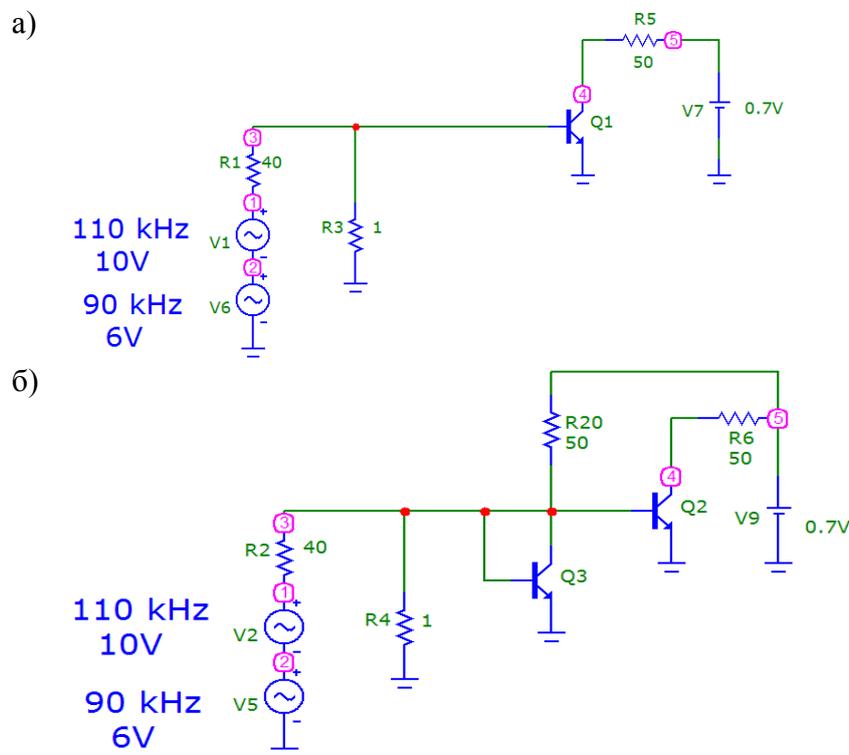


Рис. 2. Схемы компьютерного моделирования каскада на биполярном транзисторе с общим эмиттером (а) и каскада на токовом зеркале (б)

Также были получены спектральные характеристики выходного сигнала, получены зависимости уровня выходного сигнала от вида источника сигнала – генератора тока и генератора напряжения. В качестве примера на рис. 3 приведены зависимости уровней комбинационных составляющих выходного сигнала от уровня сигнала, подаваемого на вход перемножителей.

Таким образом, в ходе проведенной работы подобраны параметры схем транзисторных смесителей, которые позволяют получить на выходе заданные уровень сигнала и коэффициент передачи.

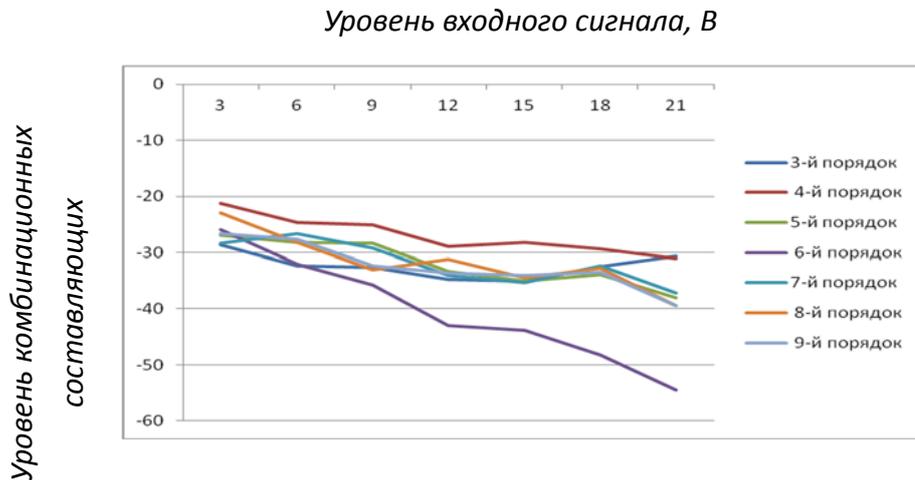
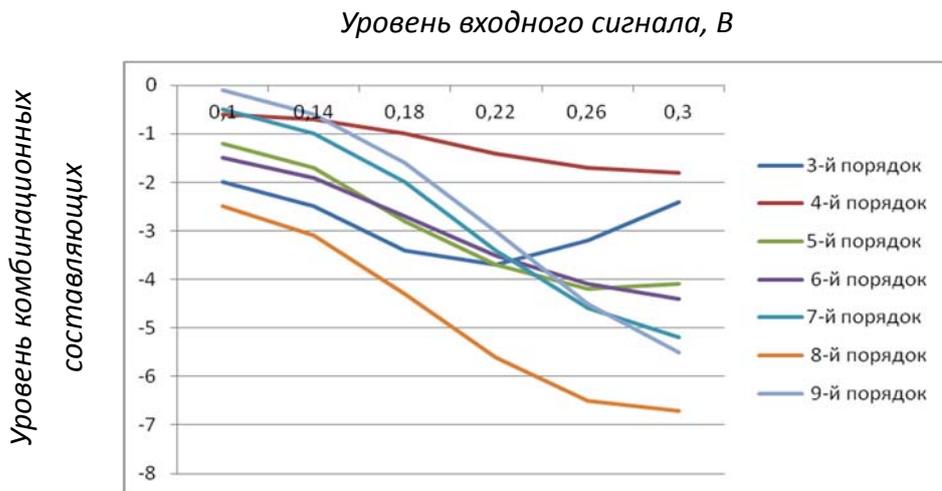


Рис. 3. Зависимости уровней комбинационных составляющих выходного сигнала от уровня сигнала, подаваемого от генератора тока на вход каскада на биполярном транзисторе с общим эмиттером (а) и каскада на токовом зеркале (б)

В работе получены основные спектральные характеристики выходного сигнала для схем смесителей, выполненных на основе обычного транзисторного каскада и каскада на токовом зеркале.

Из анализа спектров установлено, что базовая схема смесителя на основе токового зеркала обеспечивает меньший уровень комбинационных составляющих, что критически важно для высококачественных синтезаторов частот с многоступенчатыми трактами приведения.

Представляет интерес дальнейшее исследование влияние параметров гетеродина на спектральные характеристики рассмотренных схем смесителей, а также исследование влияния изменения режимов работы элементов и введение в схемы цепей обратной связи.

#### Список используемых источников

1. Никитин Ю.А. Схемотехника современных микроволновых синтезаторов частот. Часть 1. Общие положения. Пассивный синтез частот: учебное пособие. СПб. : СПбГУТ, 2015. 100 с.
2. Никитин Ю. А. Схемотехника современных микроволновых синтезаторов частот: Часть 3. Элементы микроволновых синтезаторов. Аналоговая схемотехника: учебное пособие. СПб. : СПбГУТ, 2016. 91 с.
3. Джонс М. Х. Электроника – практический курс; пер. с англ. 2-е изд. М. : Техносфера, 2006. 512 с.
4. Фомин Н. Н., Буга Н. Н., Головин О. В. и др. Радиоприемные устройства: Учебник для вузов / под редакцией Н. Н. Фомина. 3 -е изд., стереотип. М. : Горячая линия–Телеком, 2007. 520 с.
5. Бобрешов А. М., Малезин М. И., Степкин В. А., Усков Г. К. Двойной балансный смеситель для перемножения сверхширокополосных импульсных сигналов // Вестник ВГУ. Серия: Физика. Математика. 2014. № 2. С. 5–13.
6. Копысов А. Н., Зайцева Е. М. Основы компьютерного проектирования и моделирования радиоэлектронных средств в среде Micro-Cap: метод. указания к лабораторным работам. Ижевск, 2013. 66 с.
7. Поляков А. Е., Стрыгин Л. В. Методика измерения IP2 и IP3 двухтонового сигнала // Труды МФТИ. 2012. № 2. С. 54–63.

УДК 621.396.67

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛАНАРНОЙ СПИРАЛИ В ОИС СВЧ

**Н. А. Покровский, Э. Ю. Седышев**

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*Работа посвящена исследованию взаимосвязи геометрических параметров эквивалентной планарной спирали и её электродинамических характеристик. Предложена конструкция макета для исследования планарной спирали, для которого приведены результаты моделирования в электродинамическом программном пакете. Предложен алгоритм эксперимента. Приведен сравнительный анализ различных вариантов планарных спиралей для оценки эффективности их излучения.*

*Рассмотрены области применения спиральных структур в объемных интегральных схемах СВЧ.*

*спиральные антенны, индуктивность, спиральная индуктивность, ОИС, FEKO, расчет спиральной антенны, планарные антенны, микрополосковые антенны.*

В современной литературе, посвященной планарным спиральным излучателям, затрагиваются проблемы связанные со способом питания многозаходных спиралей, влиянием подложки на параметры излучения, изменением усиления и направленности спиральных излучателей от частоты. А также изучается влияние формы контура спирали на электродинамические характеристики [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7].

Вопросам, связанным с влиянием геометрических параметров на электродинамические характеристики, не уделено должного внимания в литературе.

В связи с тем, что данных о зависимости между параметрами не представлено в литературе, было проведено исследование в электродинамических программах.

Уравнение эквиугольной спирали в полярной системе координат выглядит следующим образом:

$$r(\varphi) = r_0 e^{a\varphi + \omega},$$

где  $r_0$  – начальный радиус спирали;  $a$  – коэффициент развертки спирали;  $\varphi$  – угол поворота спирали;  $\omega$  – угол, определяющий ширину рукава планарной спирали.

Для исследования были выбраны следующие геометрические параметры эквиугольной спирали:

- угол, определяющий ширину рукава спирали;
- коэффициент развертки спирали;
- количество витков спирали.

Моделирование происходило в диапазоне от 1 до 20 ГГц. Начальный радиус был выбран равным  $r_0 = 10$  мм.

Варьирование параметра  $\omega$  производилось от 0.02 до 0.4 рад. Коэффициент развертки  $a$  варьировался от 0.15 до 0.6. Количество витков менялось от 1 до 5.

Исследование показало, что изменение ширины рукава спирали приводит к изменению сопротивления структуры. Входное сопротивление антенны стремится, с увеличением ширины рукава, к 100 Ом, а при уменьшении к 1 кОм.

Изменение угла развертки спирали в основном влияет на усиление антенны. Увеличение угла развертки приводит к резкому переходу к антеннам, у которых их физическая длина намного больше рабочей частоты, этот эффект проявляется в виде появления дополнительных лепестков в диаграмме направленности.

Уменьшение угла развертки приводит к сохранению диаграммы направленности в виде «восьмерки» в широкой полосе частот.

Изменение количества витков приводит к изменению ширины диаграммы направленности антенны, остальные электродинамические параметры остаются неизменными в полосе частот.

Вопрос проектирования спиральных планарных антенн остаётся не решенной задачей. Для решения данной задачи был предложен следующий алгоритм проектирования конструкции планарной спиральной антенны:

- Задание начальной  $f_1$  и конечной  $f_2$  частоты;
- Вычисление начального радиуса  $r_0$  по следующей формуле:

$$r_0 = \frac{c}{4f_2},$$

где  $c$  – скорость света,  $\frac{m}{c}$ ;  $f_2$  – конечная рабочая частота, ГГц.

- Расчёт коэффициента развертки  $a$  спирали по формуле ниже:

$$a = \frac{f_1 \cdot \ln\left(\frac{f_2}{f_1}\right)}{f_2 - f_1},$$

где  $f_1, f_2$  – начальная и конечная рабочая частота, ГГц.

– Угол поворота определяется следующим соотношением для частотно-независимых антенн:

$$\varphi = \frac{1}{a} \ln\left(\frac{f_2}{f_1}\right),$$

где  $a$  – коэффициент развертки спирали;  $f_1, f_2$  – начальная и конечная рабочая частота, ГГц.

- Ширина рукава планарной спирали  $w$  определяется по формуле:

$$w = \frac{1}{\ln\left(\frac{f_2}{f_1}\right)},$$

где  $f_1, f_2$  – начальная и конечная рабочая частота, ГГц.

На основе данного алгоритма была получена антенная структура, представленная на рис. 1.

Антенная структура была рассчитана в диапазоне от 1 ГГц до 10 ГГц. Результаты моделирования представлены на рис. 2.



Рис. 1. Конструкция антенны

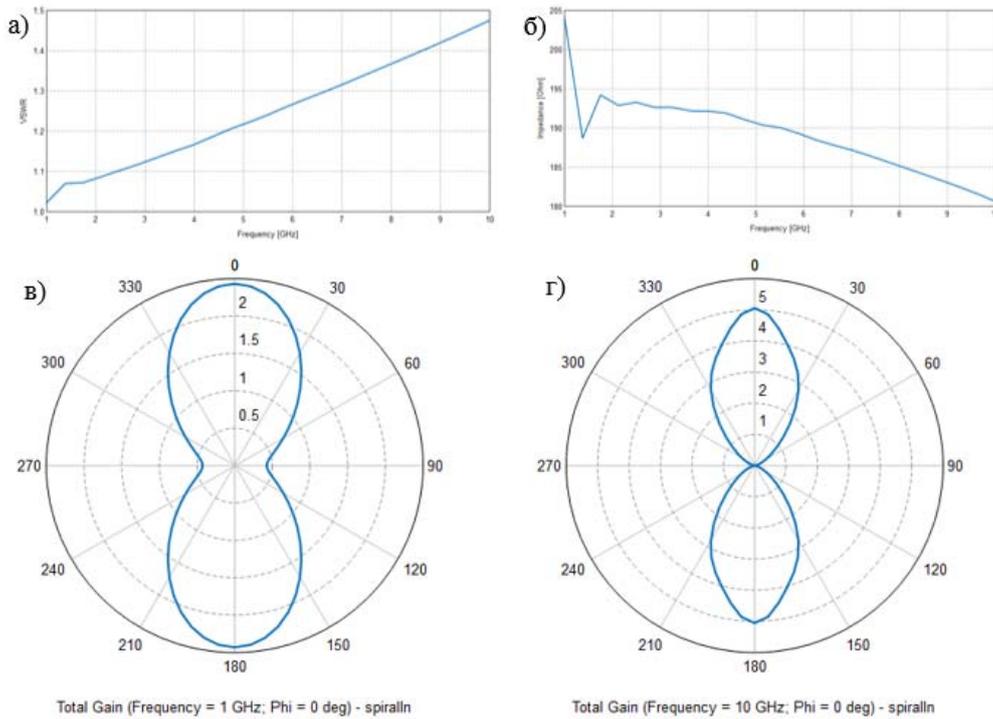


Рис. 2. Результат моделирования: а) КСВН разработанной антенны; б) импеданс разработанной антенны; в) диаграмма направленности на 1 ГГц; г) диаграмма направленности на 10 ГГц

На основе двухзаходной спирали был получен новый конструктивный элемент ОИС СВЧ. Данный элемент заменяет спиральные планарные индуктивности, имеющие следующий серьёзный недостаток в организации съёма СВЧ энергии изнутри спирали, который требует перехода на новый слой для организации проходной индуктивности, либо перемычки, что вызывает потери в линии.

Новая планарная спираль лишена данного недостатка и при тех же габаритах позволяет за счет конструкции увеличить значение индуктивности. Внешний вид, и предварительные данные компьютерного и физического моделирования представлены на рис. 3, 4.

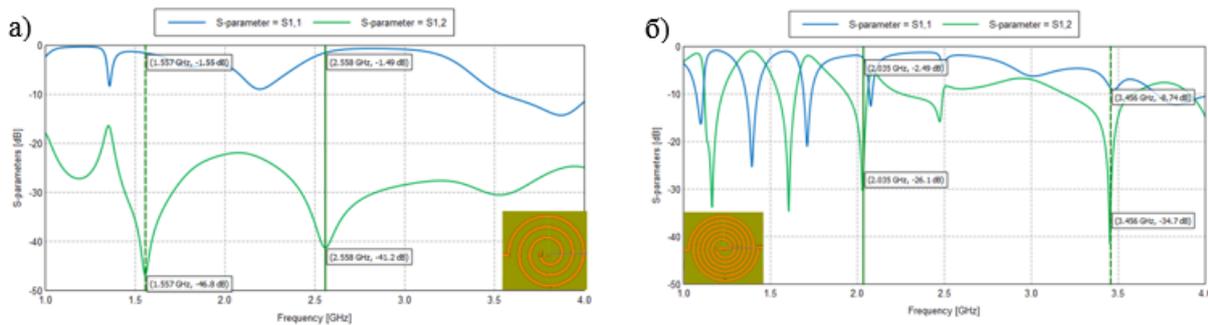


Рис. 3. Результат компьютерного моделирования: а)  $S_{11}$  и  $S_{12}$  однозаходной спирали; б)  $S_{11}$  и  $S_{12}$  двухзаходной спирали.

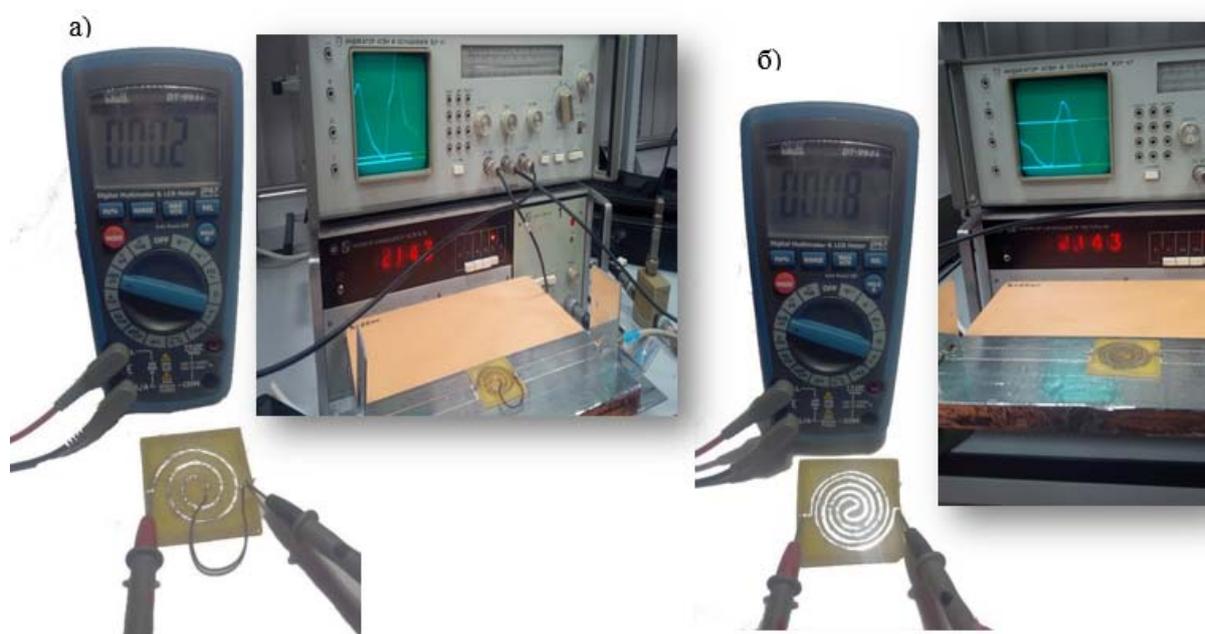


Рис. 4. Результат физического моделирования:

- а) индуктивность однозаходной спирали 200 нГн, ослабление 30 дБ;  
 б) индуктивность двухзаходной спирали 800 нГн, ослабление 25 дБ

#### Список используемых источников

1. Юрцев О. А., Рунов А. В., Казарин А.Н. Спиральные антенны М. : Советское радио, 1974. 224 с.
2. Balanis C. A. Antenna Theory: Analysis and Design Wiley, 2016. 1096 p.
3. Volakis John L. Antenna Engineering Handbook McGraw-Hill, 2007. 1755 p.
4. Fujimoto Kyohei, Morishita Hisashi. Modern Small Antennas Cambridge University Press, 2013. 488 p.
5. Steven (Shichang) Gao, Qi Luo, Fuguo Zhu. Circularly Polarized Antennas Wiley-IEEE Press, 2014. 322 p.
6. Michael McFadden, Waymond R. Scott Jr. Analysis of the Equiangular Spiral Antenna on a Dielectric Substrate // IEEE Transactions on antennas and propagation. 2007. vol. 55. no. 11. pp.3163–3171.
7. Dyson, John D. The equiangular spiral antenna, University of Illinois, 1957. 322 p.

*Статья представлена научным руководителем кандидатом технических наук Э. Ю. Седышевым.*

УДК 621.372

**ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ LC-ФИЛЬТРОВ  
С УЧЕТОМ ПАРАЗИТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕМЕНТОВ****В. В. Сергеев**

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*К реактивным фильтрующим цепям импульсных источников электропитания наряду с требованиями по подавлению основной гармонике частоты коммутации предъявляются также требования по ослаблению создаваемых импульсным источником помех радиочастотного диапазона. Это приводит к необходимости расчет вести с учетом паразитных параметров реальных реактивных элементов фильтра. Рассмотрены особенности такого расчета.*

*фильтры радиопомех, паразитные параметры, вносимое затухание.*

При проектировании и эксплуатации современных преобразовательных устройств, в частности импульсных стабилизированных источников вторичного электропитания (ИВЭП), используются реактивные фильтры для подавления радиопомех, создаваемых ИВЭП на входе (в первичной сети) и на выходе (в нагрузке) [1, 2, 3].

Фильтры радиопомех (ФРП) должны передавать без ослабления мощность (часто значительную) на промышленной частоте, что приводит к увеличению габаритов компонентов фильтра и соответственно их паразитных параметров. Частота среза ФРП 4–8 кГц, с увеличением которой уменьшаются габариты фильтра. По сравнению с обычными фильтрами здесь не важны такие показатели как неравномерность затухания в полосе пропускания или фазочастотная характеристика. Главное требование – подавление помех радиочастотного диапазона.

Во многих случаях диапазон частот, в котором необходимо осуществлять защиту от радиопомех 150 кГц – 30 МГц. Допустимый уровень радиопомех регламентируется соответствующими нормами [2]. Импульсные источники электропитания характеризуются относительно высоким уровнем радиопомех и для снижения их до допустимого значения требуются фильтры с вносимым затуханием 40–60 дБ в указанном диапазоне частот. Такое затухание могут обеспечить простейшие  $G$ ,  $T$  и  $\Pi$  – образные звенья LC-фильтры нижних частот, характеристика затухание которых в идеальном случае монотонно возрастает в полосе задерживания. Однако паразитные параметры реальных конденсаторов и катушек индуктивности, используемых при реализации фильтров, ограничивают диапазон частот эффективного затухания, вносимого фильтром [1, 2, 3].

Для примера рассмотрим Г-образный LC-фильтр нижних частот, схема замещения которого изображена на рис. 1а. Во многих случаях конденсатор представляется последовательным контуром с паразитными параметрами  $Ls1$  и  $Rs1$ , а катушка индуктивности – параллельным контуром с паразитными параметрами  $Cs2$  и  $Rs2$ . Значения основных и паразитных параметров приведены на рис. 1.

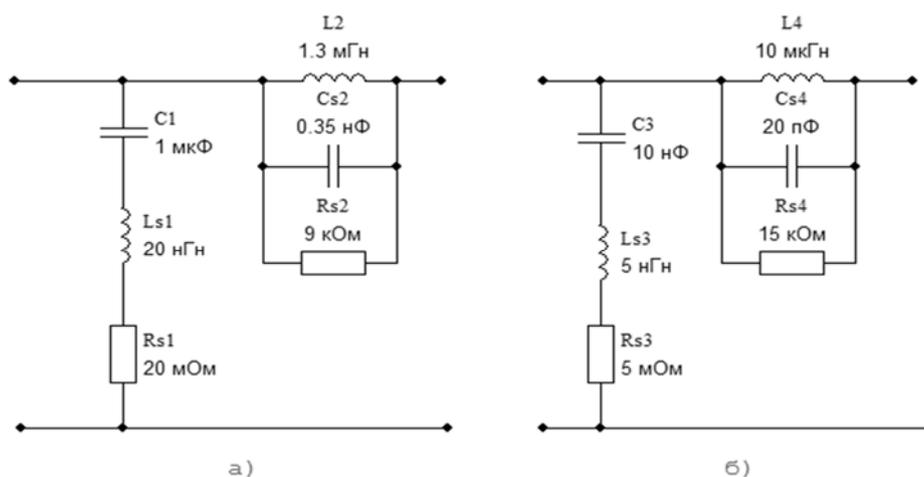


Рис. 1. Схемы замещения входного фильтра (а) и дополнительного высокочастотного звена (б)

Эффективность работы фильтра радиопомех в полосе подавления принято характеризовать вносимым затуханием, которое определяется отношением напряжений, измеренных на нагрузке при отсутствии и наличии фильтра. Это отношение выражают в дБ. В стандартном случае вносимое затухание фильтров радиопомех измеряется в схеме с генератором синусоидальных сигналов и с регламентированными сопротивлениями генератора и нагрузки, равными 50 Ом. Для указанной схемы было проведено моделирование по программе «Fastmean» [3] схемы фильтра рис. 1а. С учетом паразитных параметров характеристика вносимого затухания в полосе задерживания имеет вид характеристики режекторного фильтра с ограниченной полосой эффективного подавления (рис. 2, кривая 1). Предположим, что требуемое подавление составляет 60 дБ в диапазоне 150 кГц – 30 МГц. По указанной кривой можно определить полосу такого подавления для рассматриваемого фильтра, а именно от 150 кГц до 1,75 МГц.

Оценка вносимого затухания ФРП на нижней частоте защищаемого диапазона  $f_H$  проводится по известной приближенной формуле для вносимого затухания Г-образного фильтра с индуктивностью  $L_\phi$  и емкостью  $C_\phi$  [1]:

$$A \approx 20 \lg(L_\phi C_\phi 4\pi^2 f_H), \text{ дБ.}$$

Для рассматриваемого фильтра на частоте  $f_H = 150\text{кГц}$  это затухание составляет 60 дБ. Для повышения вносимого затухания фильтра существуют различные схемотехнические решения. Первое из них это увеличение числа звеньев ФРП. Это может привести также к уменьшению массогабаритных показателей фильтра и дает больше возможностей для варьирования его входного сопротивления (со стороны ИВЭП), что важно для обеспечения устойчивости работы системы ФРП–ИВЭП.

Увеличение затухания ФРП в высокочастотной части защищаемого диапазона можно следующим образом:

1. Заменой конденсаторов на параллельно включенные конденсаторы меньшей емкости (в этом случае уменьшаются эквивалентные паразитные индуктивности конденсаторов)
2. Установкой высокочастотных дросселей (с малой индуктивностью и малыми паразитными параметрами) в каждом проводе на стороне ИВЭП
3. Установкой дополнительных звеньев, состоящих из высокочастотных дросселей и конденсаторов
4. Применением дросселей и конденсаторов с меньшими паразитными параметрами, что не всегда возможно.

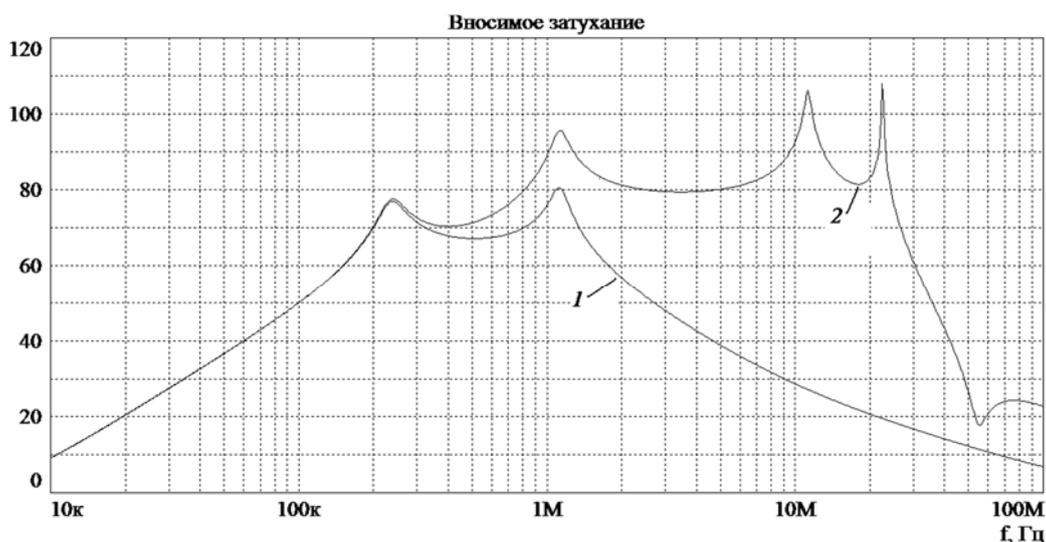


Рис. 2. Характеристики вносимого затухания однозвенного фильтра (1) и с добавленным высокочастотным звеном (2)

В данном случае требуется расширение полосы эффективного подавления в область верхних частот. Для этого рассмотрим наиболее эффективный из указанных выше способов, а именно, включение дополнительного высокочастотного звена. Это звено рассчитывается на большую частоту среза по сравнению с исходным фильтром и поэтому имеет меньшие значения индуктивности и емкости, а следовательно, меньшие паразитные параметры [1, 2, 3]. Так для рассматриваемого примера дополнительное звено

имеет частоту среза 640 кГц (более чем в сто раз больше исходного звена). Схема замещения высокочастотного звена с учетом паразитных параметров представлена на рис. 1б. Это звено включается каскадно с исходным звеном. Результирующая характеристика вносимого затухания такого двухзвенного фильтра показана на рис. 2 (кривая 2). Полоса эффективного подавления этого фильтра 150 кГц – 30 МГц, что и требовалось.

Необходимо отметить, что измерение вносимого затухания с регламентированными сопротивлениями генератора и нагрузки (50 Ом) целесообразно использовать для сравнения эффективности помехоподавляющего действия различных фильтров (выполненных по различным электрическим схемам, с применением различной элементной базы, имеющих различную конструкцию и т. д.). Этой моделью следует пользоваться также при расчете вносимого затухания и элементов ФРП, проектируемых безотносительно к конкретному источнику помех.

Реальное вносимое затухание измеряется в цепи электропитания с конкретным ИВЭП (источник помех) и с эквивалентом сети (приемник или рецептор помех). При этом учитываются конкретные условия работы ФРП, а именно, внутреннее сопротивление ИВЭП, параметры питающей сети или эквивалента сети, а также паразитные параметры соединительных и заземляющих проводов.

Отметим, что на этапе проектирования фильтра радиопомех, как правило, нет достаточно точных сведений о паразитных параметрах комплектующих элементов, соединительных и заземляющих проводов. Поэтому представляется целесообразным проектирование (расчет) фильтра вести методом последовательных приближений с уточнением расчета по результатам моделирования и эксперимента [3].

#### Список используемых источников

1. Векслер Г. С., Недочетов В. С., Пилинский В. В. Подавление электромагнитных помех в цепях электропитания. Киев : Техника. 1990, 167 с.
2. Ланцов В., Эраносян С. Электромагнитная совместимость импульсных источников питания: проблемы и пути их решения. Часть 2. // Силовая электроника. 2007. № 1. С. 82–88.
3. Дмитриков В.Ф. и др. Расчет сетевого фильтра радиопомех для источника бесперебойного питания // Практическая силовая электроника. 2011. № 42. С. 23–36.

УДК 621.372.061

## СИМВОЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК УСИЛИТЕЛЯ С КОМБИНИРОВАННОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ В КОМПЬЮТЕРНОЙ СРЕДЕ FASTMEAN+Maple

**В. А. Филин**

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича

*Представлена методика компьютерного символьного анализа сложных электронных схем на примере усилителя с комбинированной обратной связью. Описана последовательность операций по нахождению аналитического выражения для функции глубины обратной связи усилителя при взаимодействии программ FASTMEAN и Maple.*

*символьный анализ электронных схем, генерация аналитического выражения, функция глубины обратной связи.*

Возможности аналитического исследования «вручную» линейных цепей с усилителями, как правило, ограничиваются простыми структурами со сравнительно небольшим числом пассивных RLC-элементов схемы. По мере усложнения схемы и роста числа элементов нахождение требуемого аналитического выражения (формулы) традиционным способом (с помощью карандаша и бумаги), используя, например, метод узловых напряжений, становится все более проблематичным. Для получения окончательных выражений искомой функции (например, входного или выходного сопротивления схемы, функций передачи и других характеристик) требуется выполнить ряд дополнительных трудоемких преобразований. При этом резко увеличивается время, необходимое для получения решения, повышается вероятность ошибочного результата. Вместе с тем, нахождение и последующее исследование конечной формулы имеет принципиальное значение для задач анализа, синтеза и диагностики сложных электронных схем, в частности для определения критических величин параметров элементов, оценки предельных (асимптотических) значений характеристик схемы, ее устойчивости, чувствительности и т. д.

В докладе излагается методика компьютерного генерирования аналитического выражения для глубины  $F$  обратной связи (ОС) в усилителе с комбинированной ОС. Эквивалентная резистивная схема замещения усилителя для диапазона рабочих частот приведена на рис. 1.

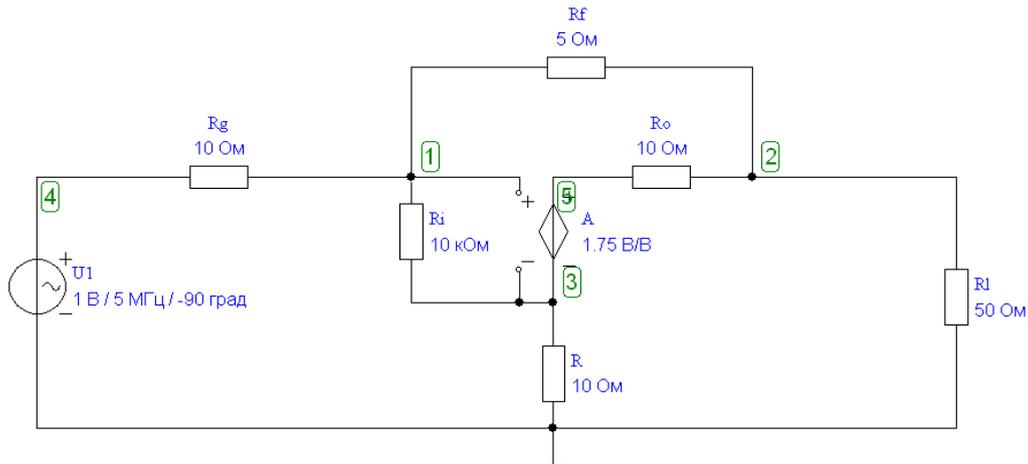


Рис. 1. Эквивалентная схема усилителя с комбинированной ОС

Как известно из теории усилителей [1] глубина ОС определяется следующим математическим выражением:

$$F = \Delta / \Delta^{(0)}, \quad (1)$$

где  $\Delta$  – определитель системы уравнений линейной схемы замещения усилителя;  $\Delta^{(0)}$  – определитель системы уравнений при выключенном усилительном элементе.

На первом этапе с помощью блока символьного анализа программы FASTMEAN [2, 3] автоматически генерируется выражение для определителя  $\Delta$  (*Determinant*) системы уравнений исследуемой схемы усилителя:

$$\begin{aligned} \text{Determinant} = & Ri(-Rl A_k(R + Rg) - R A_k(Rf + Rg)) + Ri((R + Ro)(Rl + Rf + Rg) + Rl(Rf + Rg)) \\ & + R((Rl + Rg)(Rf + Ro) + RfRo) + Rg(Rl(Rf + Ro) + RfRo) \end{aligned}$$

На следующем этапе осуществляется передача найденного выражения в программу символьной математики Maple, в которой осуществляются структурные преобразования аналитических выражений и генерируется окончательная формула для функции глубины ОС. Последовательность выполнения операций в программе Maple следующая. Вычисляется выражение для определителя  $\Delta^{(0)}$  при выключенном усилительном элементе:

$$\begin{aligned} \text{Determinant0} := & Ri((R + Ro)(Rl + Rf + Rg) + Rl(Rf + Rg)) + R((Rl + Rg)(Rf + Ro) + RfRo) \\ & + Rg(Rl(Rf + Ro) + RfRo) \end{aligned}$$

Далее по выражению (1) определяется глубина ОС  $F$ :

$$\begin{aligned} F := & (Ri(-Rl A_k(R + Rg) - R A_k(Rf + Rg)) + Ri((R + Ro)(Rl + Rf + Rg) + Rl(Rf + Rg)) \\ & + R((Rl + Rg)(Rf + Ro) + RfRo) + Rg(Rl(Rf + Ro) + RfRo)) / \\ & (Ri((R + Ro)(Rl + Rf + Rg) + Rl(Rf + Rg)) + R((Rl + Rg)(Rf + Ro) + RfRo) \\ & + Rg(Rl(Rf + Ro) + RfRo)) \end{aligned}$$

которое с помощью операции “collect” приводится к окончательному виду, удобному для дальнейшего анализа:

```
> F := collect((Ri*(-Rl*A*(R+Rg)-
R*A*(Rf+Rg))+Ri*((R+Ro)*(Rl+Rf+Rg)+Rl*(Rf+Rg))+R*((Rl+Rg)*(Rf+
Ro)+Rf*Ro)+Rg*(Rl*(Rf+Ro)+Rf*Ro))/(Ri*((R+Ro)*(Rl+Rf+Rg)+Rl*(R
f+Rg))+R*((Rl+Rg)*(Rf+Ro)+Rf*Ro)+Rg*(Rl*(Rf+Ro)+Rf*Ro)),A);
F:=1+
$$\frac{Ri(-Rl(R+Rg)-R(Rf+Rg))A}{Ri((R+Ro)(Rl+Rf+Rg)+Rl(Rf+Rg))+R((Rl+Rg)(Rf+Ro)+RfRo)+Rg(Rl(Rf+Ro)+RfRo)}$$

```

Полученное выражение для глубины ОС  $F$  в явном виде отражает влияние всех параметров элементов схемы на исследуемую функцию. Так, например, для заданных величин резисторов эквивалентной схемы (рис. 1) можно определить критическое значение коэффициента усиления активного элемента  $A$ , от которого зависит будет ли обратная связь в усилителе положительной или отрицательной. Это решение в программе Maple имеет вид:

```
eval(F);
1 - 
$$\frac{4600 A}{8207}$$

> R0 := fsolve(1-4600/8207*A);
R0:=1.7841304
```

На рис. 2а,б представлены временные диаграммы сигналов на входе и выходе схемы усилителя в случае положительной ОС ( $A = 1.75$ ) и отрицательной ОС ( $A = 2.5$ )

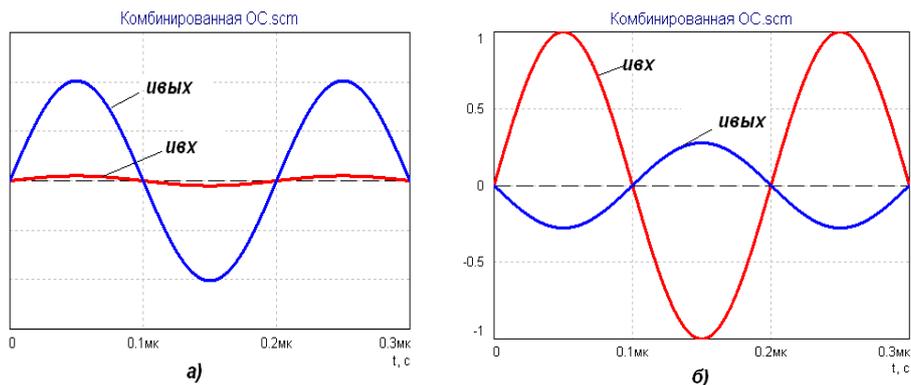


Рис. 2. Диаграммы сигналов при:  
а) положительной ОС ( $A = 1.75$ ); б) отрицательной ОС ( $A = 2.5$ )

Данная методика компьютерного символьного анализа может быть распространена на более общий случай нахождения аналитического выражения функции глубины ОС в операторной форме. Так, например, добавление

на входе и выходе усилителя (рис. 1) разделительных емкостей  $C_1$  и  $C_2$  позволяет найти аналитическое выражение для определителя системы уравнений в операторной форме:

$$\begin{aligned} \text{Determinant} = & p^2 (R_i C_1 C_2 (-R_l A (R + R_g) - R A (R_f + R_g)) + C_1 C_2 ( \\ & R_i ((R + R_o) (R_l + R_f + R_g) + R_l (R_f + R_g)) + R ((R_l + R_g) (R_f + R_o) + R_f R_o) \\ & + R_g (R_l (R_f + R_o) + R_f R_o)) + p (R_i (-C_1 A (R + R_g) - A C_2 (R + R_l)) \\ & + C_1 ((R_f + R_o) (R_i + R_g + R) + R_i (R + R_g)) \\ & + C_2 ((R_i + R_f) (R + R_l + R_o) + (R + R_l) R_o)) + R_i + R_f + R_o - R_i A \end{aligned}$$

Математическая обработка последнего выражения в программе Maple дает в соответствии с (1) аналитическое выражение для глубины ОС  $F(p)$  в операторной форме. Замена переменного  $p = j\omega$  в функции  $F(p)$  и построение амплитудно-фазовой характеристики позволяет исследовать устойчивость усилителя по критерию Найквиста [1]. На рис. 3 приведены годографы функции глубины ОС  $F(j\omega)$  для различных значений коэффициента усиления усилительного элемента  $A$ . На левом рисунке (рис. 3а) годограф не охватывает начало координат, т. е. усилитель устойчив. Правый годограф (рис. 3б) соответствует неустойчивому усилителю.

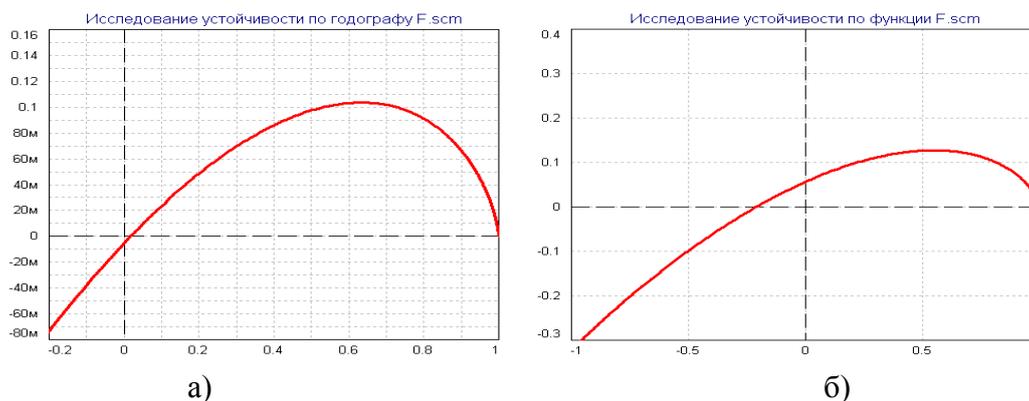


Рис. 3. Годографы функции глубины ОС: а)  $A=2.5$ ; б)  $A = 1.75$

### Список используемых источников

1. Бодэ Г. Теория цепей и проектирование усилителей с обратной связью. М. : Иностранная литература, 1948. 641 с.
2. Артым А. Д., Филин В.А., Смирнов В.С. Программа моделирования электрических цепей FASTMEAN. URL: <http://www.fastmean.ru> (дата обращения 28.01.2017).
3. Волгин Л. И., Королев Ф. А., Филаретов В. В. Схемно-алгебраический анализ и топологические преобразования моделей электронных цепей. Ульяновск: УЛГТИ, 2007. 354 с.

УДК 338.27

**СБАЛАНСИРОВАННАЯ СИСТЕМА  
ПОКАЗАТЕЛЕЙ АГРОКОМПЛЕКСА****В. И. Котов, А. А. Чирович**

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича

*На основе динамической модели Cash-Flow разработана модель для агрокомплекса, позволяющая рассчитать сбалансированные показатели фирмы при выборе различных стратегий его развития. Модель включает четыре группы (перспективы) показателей эффективности на всем горизонте планирования, увязывая их со стратегическими показателями фирмы. Представлена динамика основных показателей эффективности бизнеса и проекта изменений.*

*сбалансированная система показателей, стратегические цели, модель Cash-Flow.*

В работе [1] была предложена модель, позволяющая решить проблему балансировки финансовых и нефинансовых показателей деятельности фирмы или инвестиционного проекта в рамках сбалансированной системы показателей (ССП) (*Balanced ScoreCard*), предложенной Р. Капланом и Д. Нортеном [2]. В СПП предлагается рассматривать организацию с точки зрения четырех перспектив (точек зрения):

- финансы;
- клиенты;
- внутренние бизнес-процессы;
- обучение и развитие;

и проводить декомпозицию выбранной стратегии развития компании на уровень операционного управления и контроля на основе ключевых показателей эффективности (КРІ). Таким образом, достигается равновесие между:

- краткосрочными и долгосрочными целями;
- финансовыми и нефинансовыми показателями;
- внешними и внутренними факторами деятельности.

Данный подход был использован для оценки изменения стратегии развития агрокомплекса в Ставропольском крае. Эта фирма в течение ряда лет специализировалась на круглогодичном производстве и сбыте овощей (огурцы, томаты и салат).

С будущего года руководство комплекса решило изменить стратегию деятельности, начав выращивание различных сортов роз. Для реализации

этой стратегии потребуется построить новую отапливаемую теплицу, закупать ежегодно грунт, специальные удобрения и средства биозащиты растений. Кроме того, было принято решение модернизировать сайт компании и вкладывать средства в ежегодное повышение квалификации персонала. Всего инвестиции в реализацию новой стратегии составили 59,8 млн руб. в течение пяти лет, из которых в первый год планировалось вложить 52,6 млн руб.

Далее, в динамическую модель Cash-Flow, показанную на рис. 1, были введены исходные данные проекта модернизации стратегии.



Рис.1. Модель Cash-Flow

Здесь обозначены:  $CF_{in}(x, t)$  и  $CF_{out}(x, t)$  – входные и выходные денежные потоки, зависящие от вектора параметров (исходные данные) фирмы  $x$ , в которые вошли: условно-переменные и условно-постоянные текущие затраты, планируемые инвестиции в основные средства, прогнозные значения натуральных объемов продаж и цены на реализуемые товары, ставки налогообложения и нормы амортизации, а также параметры кредитования. Темп инфляции был принят равным 10 % в год. Шаг планирования равнялся одному кварталу, а горизонт планирования был равен шести годам. При прогнозировании продаж роз учитывались сезонные колебания объемов реализации, а также предполагалось, что выход на максимальный объем реализации роз займет один год.

Указанные денежные потоки должны удовлетворять условию финансовой реализуемости [3]:

$$\sum_{t=0}^T \{CF_{in}(x, t) - CF_{out}(x, t)\} \geq \Delta_{min}(x, T+1) \quad \forall T,$$

где  $\Delta_{min}$  – минимально необходимый объем денежных оборотных средств к началу следующего периода планирования  $T + 1$ .

Для сравнительного анализа результатов нововведений были разработаны две модели Cash-Flow: исходная (прогноз без изменения стратегии) и ее копия, в которую дополнительно были введены показатели новой стратегии. Сопоставление результатов прогнозирования позволило выявить чистый эффект от предлагаемой стратегии развития бизнеса. Приведем лишь некоторые показатели изменений, сгруппировав их по указанным ранее четырем перспективам.

*Перспектива «Финансы»*

- Суммарная выручка выросла в среднем за период на 40,3 %.
- Чистый денежный поток вырос в среднем за период на 20 %.
- **NPV** на горизонте планирования выросла на 17,3 %.
- Полная себестоимость произведенных товаров выросла на 48,3 %.

*Клиенты (маркетинг)*

Прирост выручки от реализации нового товара составил 53,3 % в среднем за период.

Доля выручки от реализации новых товаров в общей выручке составила 32,2 % в среднем за период.

Вложения в модернизацию сайта компании составили 1,5 млн руб. за пять лет.

Рост посещаемости сайта компании вырос на 30 % в среднем за период.

*Внутренние бизнес-процессы*

- Производительность труда выросла на 31,4 % в среднем за период.
- Рост численности штата компании составил 7,7 %.
- Рост фонда оплаты труда составил 8,6 % в среднем за период.

*Обучение и развитие*

Вложение в повышение квалификации персонала планировалось на уровне 2,5 млн руб. за пять лет.

Данная модель позволила прогнозировать динамику показателей эффективности, таких как чистая текущая стоимость – **NPV(t)**, внутренняя норма доходности – **IRR(t)**, коэффициент внутренней экономической эффективности – **PI(t)** и др. [3, 4]. В рамках этой модели все ключевые показатели жестко связаны с исходными данными, и любые изменения последних будут отражаться на стратегических финансовых показателях эффективности. Таким образом, согласованность всех показателей между собой автоматически выполнялась.

Исходные данные и показатели, входящие в указанную модель, формируются по всем подразделениям компании и их можно разделить на три основные группы:

- натуральные и денежные объемы продаж по всему ассортименту реализуемых товаров;
- текущие условно-постоянные и условно-переменные затраты;
- инвестиционные затраты (вложения в основные и оборотные средства).

Все эти данные оценивались по всему горизонту планирования с разбивкой по кварталам для того, чтобы получить прогноз всех показателей эффективности в динамике. Ниже на рис. 2–5 приведены основные показатели эффективности бизнеса.

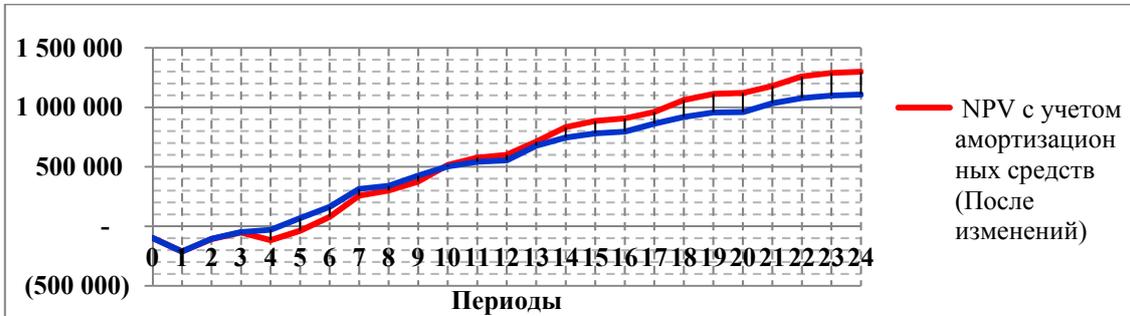


Рис. 2. Динамика  $NPV(T)$  бизнеса (в тыс. руб.)

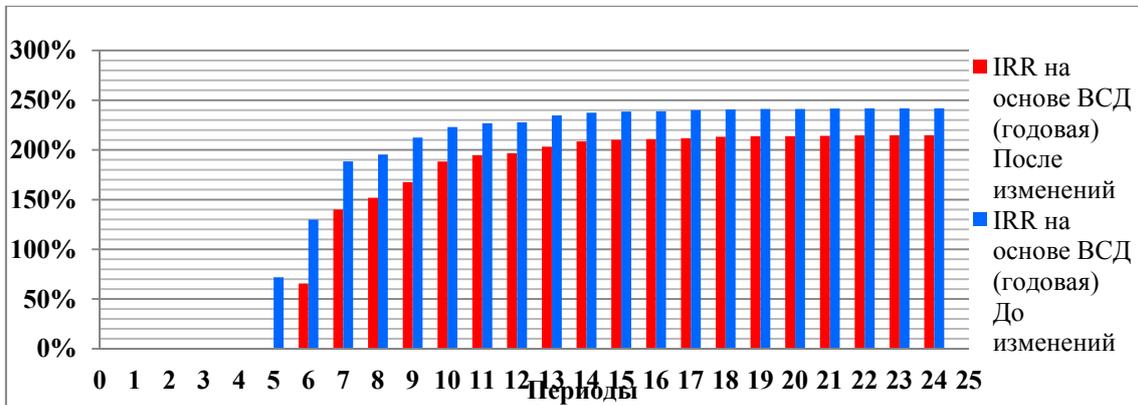


Рис. 3. Динамика  $IRR(T)$  бизнеса



Рис. 4. Динамика  $NPV(T)$  проекта изменений (в тыс. руб.)

Из кривой рис. 4 следует, что срок окупаемости нововведений находится между 9-м и 10-м периодами (кварталами), т. к. именно здесь  $NPV = 0$ .

Рис. 5. Динамика  $IRR(T)$  проекта изменений

Использование данной динамической модели денежных потоков позволяет не только согласовывать показатели подразделений компании, прогнозировать результаты внедрения выбранной стратегии, но и количественно оценивать влияние рисков на стратегические показатели бизнеса. Как показано в [4], модель ССП может быть дополнена блоком расчета функций чувствительности выбранных целевых показателей к риск-параметрам, соответствующим каждой из четырех проекций. Например, в клиентской проекции такими риск-параметрами могут быть прогнозные значения натуральных объемов продаж реализуемых компанией товаров. В финансовой проекции можно в качестве риск-параметров выбрать цены поставщиков сырья, материалов и услуг. Как показали расчеты, степень рискованности бизнеса при новой стратегии развития на 65 % зависит от колебаний объемов продаж и на 25 % от колебаний условно-постоянных затрат.

Подводя итог можно утверждать, что на базе динамической модели Cash-Flow можно получить удобный инструмент прогнозирования согласованных показателей результатов внедрения выбранной стратегии с учетом влияния совокупности рисков событий. Кроме того, данная модель может использоваться для управления проектом реализации стратегии на каждом шаге в пределах выбранного горизонта планирования.

#### Список используемых источников

1. Котов В. И. Динамическая модель для сбалансированной системы показателей фирмы / Актуальные проблемы в инфокоммуникациях, науке и образовании. IV Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. в 2 т. / под. ред. С.В.Бачевского. СПб. : СПбГУТ, 2015. 920 с.
2. Каплан Р. С., Нортон Д. П. Сбалансированная система показателей. От стратегии к действию. М. : ЗАО «Олимп-Бизнес», 2003. 214 с.
3. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов. (Вторая редакция) / М-во экон. РФ, М-во фин. РФ, ГК по стр-ву и архит. и жил. политике; рук. авт. кол. : Косов В. В., Лившиц В. Н., Шахназаров А. Г. М. : ОАО «НПО» Изд-во «Экономика», 2000. 421 с.
4. Котов В. И. Риск-анализ на основе функций чувствительности и теории нечетких множеств. СПб. : Астерион, 2014. 219 с.

## ANNOTATIONS

## INFORMATION SYSTEMS AND TECHNOLOGY

**Averkova A., Trofimez E.** The Application of Information Technology in the Planning of Logistics Operations. – PP. 4–8.

*Discusses the planning of logistics operations in the formation of material and technical means of the system of EMERCOM of Russia on the example of optimization models of transport type. The stages of decision on balanced models in MS Excel.*

**Key words:** logistics operations, optimization models, computational model, a balanced model, transportation problem.

**Averchenkov R., Kalyashov E., Tarlykov A.** Integration of a Mobile Indoor Navigation Based on the iBeacon Technology Into an Existing Web Application. – PP. 9–13.

*The article describes possible approaches to integration of a mobile Android application with an external web service. Using mobile navigation system as an example, details of integration of mobile and web applications is described. The web application provides common configuration data for sensors, rooms, coordinates and renders navigation objects while the mobile part processes iBeacons' data and performs various calculations (like positioning, etc.). Additional integration choices are also reviewed.*

**Key words:** android, indoor navigation, mobile app, iBeacon, integration, WebView.

**Avramenko V., Bedenkov V., Bobreshov-Shishov D., Malikov A.** Determination of Urgent Security Risks of Information in Infocommunication Systems on the Basis of the Apparatus of the Fuzzy logic. – PP. 13–18.

*Determination of urgent security risks of information – a key problem of information security in the modern infocommunication systems of different function as at a creation stage, thus, during an operating time. In article consider a method of determination of urgent security risks of information with use of the fuzzy logic apparatus.*

**Key words:** infocommunication system, threat to security, index, fuzzy logic, rule of an fuzzy conclusion.

**Akimov S., Verkhova G., Khoder H.** Modular Technology in Design of Modern Systems and Complexes. – PP. 18–22.

*Currently, modular principle is becoming more widespread in system design due to the flexibility and rapid aggregation system of standardized modules. So, in this paper, concept of modularity and principles of modular design in order to achieve adequate flexibility in the design of complex systems are presented.*

**Key words:** system design, modular technology, modularity, integrality, modular systems, complex systems, flexible systems.

**Akimov S., Verkhova G., Osipenko M., Pletnev I.** Development of an Adaptive GUI for e-Learning System. – PP. 23–26.

*The article presents the results of the development of responsive design for e-learning systems, VLab, developed at the Department of automation of the enterprises of connection of the Sut to them. Professor M. A. Bonch-Bruevich. The VLab platform has a web interface and requires no installation on the user's computer, any special software. Responsive design allows you comfortable enough to work with the application on devices with any resolution, from mobile phone to the work station.*

**Key words:** adaptive design, multimedia, educational-methodical complex, web technologies, e-learning, HTML5, CSS3, JavaScript.

**Akimov S., Verkhova G.** Comparative Analysis of Models and Algorithms of Parametric and Structural-Parametric Synthesis. – PP. 26–31.

*The results of the comparative analysis of objective functions, models and algorithms of parametric and structural-parametric synthesis. Requirements to models of the structural-parametric synthesis performed search optimization methods were presented. It is shown that the models and algorithms of parametric and structural-parametric synthesis of form a hierarchical structure that has methodological significance for the integration of scientific and technological knowledge.*

**Key words:** synthesis, analysis, structural and parametric synthesis, parametric synthesis, search methods, model, objective function, algorithm, optimization, integration of scientific and technological knowledge, universal model.

**Andrianova E., Sabinin O.** A Method for Automatically Determining the Functional Relationship in Materials of Educational Methodical Complex. – PP. 31–35.

*The report formulates the problem of automatically processing text information, which arise when working with educational and methodical complex (UMK). It is determined that one of the problems is the identification of functional relations, describes a method for automatically determining the functional relationship in materials teaching materials.*

**Key words:** automatic text processing, functional relations, training complex, software tools, text documents, natural language.

**Antonov V.** Anti-Collision Mechanism of Information Exchange for Markers on Surface Acoustic Waves. – PP. 36–39.

*A simple design of an RFID tag (marker) on surface acoustic waves is considered. The possibility of constructing low-cost identification systems on their basis is determined. Attention is drawn to the distortion of the signal due to the introduction of various radio-frequency interference. The difficulties of identifying labels in groups due to interference are described. A solution is presented to overcome these difficulties. The solution is based on the use of groups of code sequences with certain anticollision properties. A method for obtaining similar code groups is described.*

**Key words:** RFID tags, surface acoustic waves, anticollision codes, click.

**Antonov V.** On the Application of the Actor Vodel of Primitives in Software Implementation of Organization Recognition. – PP. 39–43.

---

*A simple actor model based on the Akka library is considered. The main properties of the actor are described. The possibility of using the actor model for the construction of image recognition systems is analyzed. The variants of the use of actors for the realization of neurons, perceptrons and periphery of systems are given. For the peripheral version of the application of actors, software implementation of components in the Scala programming language is given.*

**Key words:** Library Akka, actors, neural networks, pattern recognition

**Arzoumanian Y., Volfson M., Zakharov A., Sotnikov A.** BLOCKCHAIN – Further Development. – PP. 43–47.

*The multiple duplication of information, increasing as the number of distributed copies of the database from the network participants, the practical impossibility of error correction by the authors of transactions in already formed blocks, as well as the critical miners' status determined the further development of technology Blockchain 3.0.*

**Key words:** Blockchain 3.0 technology, the problem of duplication of information, versioning tools and connectivity documents, the special role of a miner-nodes.

**Afanasev M., Krylova A., Shorokhov S.** Architecture of CNC-Equipment Control System. – PP. 47–50.

*Input a word in the report of the possibility of increasing the degree of technology CNC equipment automation by increasing the automation of its main components. The article considers modern CNC machines, their typical architecture, advantages and disadvantages. The article also considers the machine integration scheme CNC in automated enterprise. To solve the problem of increasing the degree of automation is proposed to use a decentralized scheme of automated machine components interaction, which is described as a multi-agent system. The example of the machine for radiation treatment system are the agents coordinate table, the laser head and optical unit is described.*

**Key words:** CNC, multi-agent system, automation, controls, interface, equipment.

**Bazina N., Gadasina L.** Classification of the Methods for Analyzing the Tonality of a Natural Language. – PP. 50–54.

*The analysis of a natural language becomes widespread due to the fact that it allows to get the information from texts quickly. The analysis of the natural language can begin with the definition of its tonality. To perform this task, it is necessary to understand the nuances of different methods of analyzing the tonality of a natural language.*

**Key words:** natural language, tonality of natural language, machine learning.

**Basov O., Struev D.** The model of Information-Algorithmic Structure of a Multimodal Subscriber Terminal. – PP. 54–58.

*To compensate for the current lag in the theory of building infocommunication systems from the needs of practice and the current level of development of multimodal subscriber terminals, it is necessary to develop a model of the information-algorithmic structure of a multimodal subscriber terminal and an algorithm for its optimization. The paper presents a model of such a structure on the basis of alternative graph-formalization, and the problem of its optimization is considered.*

---

**Key words:** information-algorithmic structure, multimodal user terminal, alternative graphical formalization.

**Bashlaev R., Ivanov V., Koryakin D., Polyachkov A.** Especially the Development and Application of Interactive Simulator in the Study of Tactical and Special Disciplines. – PP. 59–63. *The paper shows a model of the development of electronic and software simulator for the study of the field of communication centers in the study of tactical and special disciplines. The paper deals with the basic provisions applicable to him, with the problem that must be addressed to its application, with the software package of its development and with the composition of its nucleus. The composition of the core individual training modules should serve, which are separate programs and serve as baseline data for future modules.*

**Key words:** simulator, communication center, model, training.

**Bashlaev R., Ivanov V., Koryakin D., Polyachkov A.** Ways of Using Geoinformation Systems and 3D Modelling Tools in the Creation 3D Interpretations of Communication Means in the Region of Combat Actions. – PP. 64–69.

*The article analyzes the capabilities of programs used to develop three-dimensional models and GIS "Operator". Consider the tasks that might be addressed by officials of management bodies of associations when using the capabilities of GIS technology and three-dimensional modeling and the procedure for the preparation of a three-dimensional model element of the communication system on the ground.*

**Key words:** 3D graphics, geoinformation system, program, technology, modelling, communication, digital model of area.

**Belov M., Raspopov D.** Profiling of Information System Customers, Methods of Intellectual Data Analysis. – PP. 69–73.

*In the article methods and means of profiling clients of information systems are considered, based on the analysis of user behavior. The most perspective architectural and methodological aspects of the intellectual analysis of data are considered, for constructing a model for profiling students in the information environment of a higher educational institution.*

**Key words:** Intellectual data analysis, neural networks, logging, profiling, education.

**Belous K., Davydova E.** Automated Access Control System Based on GSM Network. – PP. 73–77.

*A prototype of access control system based on the Arduino platform is presented. The proposed system is equipped with control functions over the channels of mobile communication, as well as includes intrusion-control sensors and an operational alerting subsystem.*

**Key words:** access control, access control, GSM, security, Arduino.

**Biryukov M., Brunilin A., Saenko I.** A Simulation Approach to Modeling the Access Control System for Common Information Space. – PP. 78–83.

*The article describes the access control system for a common information space. The simulation method for development of the access control system for a common information space is offered. The behavior algorithm for an access control management system for resources of the common*

*information space is developed. It is offered to be used for support of accessibility of resources of a common information space in case of their integration.*

**Key words:** common information space, access control, simulation model, information resource.

**Brunilin A., Saenko I., Birjukov M.** The Method of Formation of Uniform Semantic Model for Data Domains of the Heterogeneous Tasks' Complex. – PP. 83–88.

*The article explains a method of step-by-step formation of semantic model of a uniform program complex of heterogeneous tasks with use of ontologies. The sequence of stages and actions when forming semantic model is developed. The formal expressions for the description of stages of a method and extension of a basis of a logical output of ontologies are received during the analysis and adaptation of the conceptualized data domains of the considered task. The option of conceptualization of data domains of the task with use of a combination of methods of breakdown and hierarchical structure of the criteria system is offered.*

**Key words:** semantic model, ontology, concept, artificial intelligence.

**Bondarenko V., Kaplinskiy G., Pavlova V., Tupikov V.** Intelligent Algorithm for Relative Threedimensional Positioning and Automatic Helicopter Type UAV Landing Using Onboard Electro-Optical System Information. – PP. 88–92.

*The aim of this work is development of a method for determining the helicopter type UAV coordinates based on artificially created reference point (marker) image processing, received with onboard electro-optical system. For marker location within an image, marker geometry features analysis and the artificial neural networks recognition are used. This paper describes the application of the proposed algorithm and testing results conducted on the flying laboratory.*

**Key words:** structure description, object detection algorithms, automatic image recognition, the all aspects recognition algorithms, artificial neural network.

**Bondarenko V., Kaplinskiy G., Pavlova V., Tupikov V.** Universal Algorithmic Complex for Intellectual Image Processing. – PP. 93–97.

*This report describes an approach for developing a universal algorithmic complex for solving of different digital image processing tasks. The proposed algorithmic complex contains basic and complex image processing methods, including automatic object detection and automatic object tracking. The algorithmic complex practical implementation sample is provided on board of marine surface monitoring electro-optical system of unmanned sea vehicle.*

**Key words:** digital image processing, automatic object detection, automatic object tracking.

**Bulygin G., Davydova E.** Analysis of the Possibilities of Non-Relational Database Management in High-Load Projects. – PP. 97–101.

*The article presents the results of the analysis of the possibilities of using nonrelational DBMS in highly loaded projects. The implementation of a service for data recording and storage of unstructured meteorological information is presented. This service is implemented on the basis of NoSQL, using a document-oriented DBMS MongoDB.*

**Key words:** DBMS, information systems, database, service services, NoSQL, high-loaded projects, programming language Python, MongoDB.

**Bulygin G., Davydova E.** Development of REST-Service in the Programming Language Python Using Django REST Framework for the Enterprise Providing Services to the Population at Home. – PP. 101–104.

*The results of the project "Development of REST-service in Python programming language using Django REST Framework for the enterprise for rendering services to the population at home" are presented, on the basis of which it is possible to implement services intended for interaction of potential customers with enterprises and various types of service.*

**Key words:** REST-service, programming language Python, Django REST Framework, REST API, information systems, database, service.

**Vaganov A.** Algorithms for Calculating the Main Parameters of a Model Biological Liquid Dispersion Medium for the Modeling of the Automated Control System of Its Toxicity. – PP. 104–109.

*The descriptions and schemes of algorithms intended for the automated calculation of the main parameters of the model biological liquid disperse medium "blood serum" are presented to study the model of the automated system for toxicity control biological liquid disperse medium.*

**Key words:** Model biological liquid disperse medium, environmental parameters, automated system for toxicity control, algorithms schemes.

**Vaganov A.** Determination of Working Area of Mathematical Model of Measuring Transducer of Automated System of Toxicity Control of Biological Liquid Dispersed Media. – PP. 109–113.

*A method is proposed for determining the ranges of admissible values of the most probable radii and particle concentrations of a model biological liquid disperse medium – "blood serum", which determine the working area of the mathematical model of the automated system for monitoring toxicity of these media. An algorithm has been developed that makes it possible to automate the process of determining these parameters.*

**Key words:** method of determination, model environment, range of changes in radii and particle concentrations, algorithm for constructing the working area of biological liquid disperse medium.

**Vaganov A., Maslova E.** Development and Simulation Sensors Power Supply System of the Automated Control System. – PP. 114–118.

*The theory of creation of the system for powering various primary measuring sensors of the automated control systems is considered in the article. The method of constructing similar systems is offered. The models and algorithms allowing to automate process of design and assessment of various power supply system parameters are developed.*

**Key words:** system, model, method, algorithms.

**Vaganov A., Sigaev A.** Development of a Method for Minimizing the Effect of Interference when Transmitting a Signal in From Analog Sensors to the Control System. – PP. 118–122.

*The article reviews various methods to minimize the effects of various interference in the transmission of a signal from an analog primary transducer to its preprocessing device in automated control systems.*

---

**Key words:** analog transducer, interference, method.

**Vahrushev D., Ptitsyna L.** Innovations in the Promotion of Internet Resources to Increase Economic Activity. – PP. 122–126.

*The modern idea of the efficiency of professional work in the conditions of the economy of the information society. The interrelation of the technological basis of professional activity, with its cost-effectiveness. Obtained promising trends shaping gipertehnology information infrastructures. We describe the key features of the command of project activities in the IT-sphere. The new concept of promotion of Internet-resources. Selected for the formalization of the implementation of the new concept. It defines the concept of economic efficiency of professional activity, taking into account the characteristics of the models used promoting Internet-resources.*

**Key words:** information society, Internet-resources, technological basis, conception, economic efficiency.

**Volkogonov V., Kolesnikova J.** Method Development of Providing Fault Tolerance in Network. – PP. 126–129.

*Because of development information-communication infrastructures research objectives of networking are quite topical. One of the criteria of network performance is fault tolerance of link. Nowadays, there is a problem of fault tolerance of link in enterprises, which transmit data. Consequence of fault tolerance is increased availability of data, transmitted over the network.*

**Key words:** centralized management, channel load, strongly connected graph.

**Voloshinov D., Gyandzhiev E., Makarenkov K.** Heuristic Algorithms for Transmitting Data on the Spatial Shape from "Simplex" System in OBJ-Format. – PP. 130–133.

*The article is devoted to consideration of issues related to the organization of information exchange between the system of constructive geometric modeling "Simplex" with systems of design automation of common technical application using OBJ format. During the process of preliminary design of spatial forms it is nproposed to use a "not quite accurate" heuristic algorithms for data generation, allowing greatly speed up the process of data exchange between informational systems.*

**Key words:** geometric modeling, design automation, OBJ format.

**Voloshinov D., Sosnovskih A, Trifanov M.** Converting a Flat Contour Construction Method Equidistant for the Task of 3D Printing. – PP. 133–136.

*A large number of printers for 3D printing are controlled with the G-codes, which provide all the necessary information about the coordinates and trajectories of the movement of working printer in three-dimensional space. However, in some cases, the currently known methods of converting a 3D object into G-codes are not effective. The article proposes ways of controlling devices 3D printing based on alternative methods based on the use of constructive geometric models.*

**Key words:** geometric modeling, 3D printing, Simplex.

**Vostokov E.** Axiomatic Approach to the Rules Formation for Multi-Criteria Decision Making on the Basis of Information Concerning on Ranking of Criteria. – PP. 137–144.

*Most management decisions are evaluated according to several criteria. Many typical is the case when different criteria are different optimal alternatives. Large widespread solution methods for multicriteria problems based on the ranking information on the criteria importance. One of the problems arising from the use of such information is the assessment of the correctness of the specific rules using and conformity with the real decision maker's preference.*

**Key words:** Multi-criteria decision-making, rank importance of criteria, management decisions.

**Gavrilov D., Kozlova L.** Using Machine Learning and Neural Networks for Analysis and Forecasting of Economic Events. – PP. 145–148.

*At present, the sphere of currency markets and binary options has become very popular. High amount of factor that must be considered for successful results is a feature of this sphere. Usage of neural net will allow to use multiple threads for data input and data processing, and get solitary final result. Created neural net was trained for result correction according to experience of previous results.*

**Key words:** neural networks, regression analysis, stock market, machine learning.

**Ganin P., Michalev O., Novak Y., Petrenko M.** Development and Research of Navigation Method for Solving Problems of Robotics. – PP. 148–152.

*The article discusses the problem of navigation in robotics-based on the SLAM methods (Simultaneous Localization and Mapping in real time). In order to solve SLAM problem for mobile robot chosen ROS system (Robot Operating System). The article describes the existing and advanced methods and approaches to solving the SLAM problem, and also shows the results of these methods on the mobile robot. Described a description of the robotic system designed to solve navigation tasks and building the Roadmap. The article describes the advantages, disadvantages of the algorithm, as well as the direction of future research.*

**Key words:** navigation of the robot in world, the construction of the Roadmap, SLAM.

**Ganin P., Michalev O., Novak Y., Petrenko M.** Development Proposals for the Application of the Combined Approach in the Functioning of the Management System Robotic Platform. – PP. 153–156.

*The article deals with the task of developing proposals for the use of a combined approach in the organization platform. Rassmotreny robotic control system and modern functioning of the existing methods and approaches to solving the problem of speech recognition algorithms example of the data. We describe the advantages, disadvantages of the algorithm, as well as the direction of future research.*

**Key words:** speech recognition, phoneme, open source library, RS (rus. RTC), robotic system, SAH (rus. PAC), software and hardware.

**Ganin P., Michalev O., Petrenko M.** Development and Analysis of Algorithms Based on Hough Transform for Detection Spacecraft Elements in Images. – PP. 157–160.

---

*The article considers the problem of object recognition based on Hough transform and its experimental research. The object of research is docking station of the International Space Station (ISS). A designed docking station search algorithm using the built-in functions MATLAB development environment and application Image Processing Toolbox. The article describes advantages, disadvantages of the algorithm, as well as the direction of future research.*

**Key words:** Object detection, Hough transform, ISS connecting unit.

**Gvozdkov I., Kozhanov Y.** Channels Distribution on the "Last Mile Server" for Asymmetric Traffic. – PP. 160–167.

*Traffic in IP-networks in user-server direction characterized by a strong asymmetry. At the same time in this part of network usually used symmetrical channels distribution. Reallocation of channels according traffic can significantly improve the quality of service.*

**Key words:** router asymmetric traffic, a server, a probability distribution function.

**Giraeva A., Ptitsyna L.** The Concept of Determining the Efficiency of Intelligent Information Agents in the Active Environments. – PP. 167–170.

*The directions of the expansion of applications of intelligent information agents. Systematized the main stages of intelligent information agents lifecycle. We describe the characteristics of conditions of intelligent information agents on the various profiles of their use in professional activities. The results of the review of scientific research in the field of analysis of the quality of intelligent information agents. Presents the problem situations with definition of the efficiency of intelligent information agents. Discloses a system of principles determining the effectiveness of the concept of intelligent information agents in active media with situational uncertainty.*

**Key words:** intelligent agent, life cycle, external environment, active environment, efficiency, quality.

**Golutvina Y., Ptitsyna L.** Comparative analysis of design tools ontologies – PP. 171–175.

*It revealed the importance of the ontological approach to the creation of intelligent information systems. Select the area of designing ontologies in the life cycle of intelligent information systems. Presents the directions of development tools design ontologies. Definitely a basis technology implementation tools design ontologies. The general provisions of design tools ontologies. Systematized functionality features. We describe the distinguishing features of modern ontology design. Presents the typical characteristics of ontology engineering tools. Formed criteria comparative analysis tools. The method of comparative analysis tools design ontologies.*

**Key words:** ontology, intelligent information system, workbench, property funds, comparative analysis.

**Gromov V.** Information Systems of Traffic Police of Russia. – PP. 176–179.

*Report it is dedicated to the development of information systems of traffic police in the USSR and the Russian Federation. It reveals the fundamental questions of the formation of distributed data bases and advanced cloud technology to create systems with on-line and off-line queries. Formalizes the main reasons that may have a negative impact on the implementation of tasks*

---

*to create a single information space. Raises issues related to changes in the software system modernization in the public and state-owned institutions.*

**Key words:** distributed databases, corporate databases.

**Gubin A., Kruglova S.** The Features of Engineering System with an Allowance for Reliability Indexes. – PP. 180–183.

*This is method of system engineering which allow to optimize the project costs of system with an adjusted probability level of no-failure operation. The composition system is defined by compatibility graph of used hardware. The factual findings are enable to choose the most useful technique of system structure for realization.*

**Key words:** system, equipment choice, reliability index, graph, calculation.

**Gubin A., Litvinov V., Turusheva V., Filippov F.** Providing the Access Level of Access to Data in RDF-Storages. – PP. 183–187.

*The problems of providing specified levels of data access in RDF-storages are considered. Solving these problems prevents users from accessing data that do not have the required access level. A simple mechanism for implementing restrictions on access to RDF data at the entity level is proposed.*

**Key words:** rdf-storage, triplets, access levels, implementation mechanism.

**Gubin A., Litvinov V., Filippov F.** Intelligent Methods for Configuration of Cognitive Radio Systems. – PP. 187–191.

*Methods for dynamically configuring cognitive radio systems based on channel state estimation are considered. The cognitive radio system has the ability to choose its configuration depending on goals, profiles, environmental conditions, preferences, etc. The proposed method is aimed at evaluating various configurations in which the cognitive transmitter can operate at maximum speed. In order to improve efficiency in the evaluation of the configuration, it is proposed to develop an intelligent solution with the possibility of learning on the basis of Bayesian networks.*

**Key words:** Cognitive radio, intellectual information system, Bayesian network.

**Gubin A., Litvinov V., Filippov F.** Research of the Receptive Fields Parameters Influence on the Convolution Neural Net Characteristics. – PP. 192–196.

*The results of application various shapes receptive fields are discussed. The effect of network parameters on the objective function value is estimated. The use of reduced receptive fields for the solution of the image recognition problem is proposed. It is shown that if a change in the shape of the receptive fields is allowed by eliminating certain bonds, it is possible to obtain a gain in the learning rate by reducing the weighted sum of the input signals of the neurons.*

**Key words:** Pattern recognition, neural networks, receptive fields, convolution kernels.

**Gurinova T., Litvinov V.** Reengineering of the Automated Information System of the Time Sheet. – PP. 196–201.

*The article deals with the task of increasing the efficiency of the automated timekeeping for the actually worked shifts of underground workers of the mining enterprises of the Polar*

---

*Division of the company, PJSC MMC Norilsk Nickel, operating in the Far North. Before the introduction of the modernized automated system in the software complex "Automated time attendance of underground workers' exits," there was no mechanism for synchronizing data between structural units. The distributed database consisted, on the one hand, of isolated data, on the other hand, of excessively duplicated data, which led to violation of the referential integrity, and, often, to their inconsistency and time delays due to the data recalculation for the software package.*

**Key words:** reengineering, time sheet, 1С "Staff".

**Gusev D., Ptitsyna L.** Architecture of Integrated Information Security Systems with Distributed Intelligence. – PP. 201–204.

*Presents the basis for the development of intelligent integrated information security systems. We describe the paradigm of intellectualization of information security systems. Systematized formal approaches to the intellectualization of information security systems. The modern methods of aggregation of information security systems. Analyzed model generation methodology and analytical intelligence of complex information security systems. Defined alternative model of functional specifications and analytical intelligence. The concept of the distribution model and analysis of intelligence on the components of the systems under consideration. Descriptions of promising architectures of complex information security systems with distributed intelligence.*

**Key words:** information security, information protection system, intellectualization, model-analytical intellect, distribution, architecture.

**Gushchin A., Litvinov V.** Comparative Analysis of Methods of Resource Allocation in Cognitive Radio Networks. – PP. 204–209.

*This article briefly outlines the principles of the operation of multi-user cognitive radio networks. An overview of popular methods of resource allocation in networks with multiple access is made. A new algorithm for resource allocation based on the algorithm of stable matchings is proposed. A comparative analysis of the described algorithms is made.*

**Key words:** cognitive radio, stable matchings, resource allocation, game theory, quantitative measurement of integrity of distribution.

**Doynikova E., Fedorchenko A., Chechulin A.** Analysis of the Security Data and Their Specifications for the Security Information and Event Management Systems. – PP. 209–214.

*The paper is devoted to the results of the research of the data sources for the construction and application of the hybrid security data storage. Possible security data sources are provided. Data specifications for these sources are reviewed. Main advantages and disadvantages of the sources that influence on the design, development and application of the hybrid storage are analyzed. In the future research we plan to develop an architecture of the novel hybrid storage. Application of this storage will increase an efficiency of the security information and event management system.*

**Keywords:** information security, data sources, security information and events, analytical data processing.

**Dolgun V., Litvinov V.** Research of an Intelligent System for the Formation and Maintenance of a Comfortable Environment. – PP. 214–217.

*In the article principles of construction of information intellectual system for regulation of a microclimate of premises of an apartment house on the basis of requirements and wishes of users that allows providing effective management of energy saving systems are considered. The requirements for the intellectual system are given. The main directions of development of the intellectual system are briefly considered. The demand for and the need to study the direction of the influence of intellectual systems on the standard of living of users is underlined.*

**Key words:** sensors, microclimate, users, intelligent control system, energy conservation, expert system.

**Egorov E., Ptitsyna L.** Evaluation of Quality Infrastructure Business with the Use of Intelligent Technologies. – PP. 217–221.

*It presents the importance of entrepreneurial activity in the economic development of the information society. Allocated a lot of typical profiles of business infrastructure. We consider expansion of typical profiles of business infrastructure through the use of modern information and communication technologies. The concept of assessing the quality of business infrastructure. The system of infrastructure quality indicators of entrepreneurial activity. Selected formalization for the definition and quality assessment. Described mathematical apparatus for assessing the quality of business activities with the use of intelligent technologies.*

**Key words:** entrepreneurial activity, infrastructure, profile, quality, evaluation, intelligent technology.

**Ershov A., Kozorez P., Karpov D.** Fuzzy Identity-Based Encryption. – PP. 222–225.

*The Identity Based Encryption – public-key encryption, in which the public is some unique information about the user's identity. This article described the advantages of this type of encryption and offers a new type of identity based encryption, named fuzzy identity based encryption (Fuzzy IBE). A Fuzzy IBE scheme has two most relevant usages: in the scheme of biometric authentication and attributes based encryption.*

**Key words:** cryptography, IBE, Identity Based Encryption, Fuzzy IBE, Fuzzy Identity Based Encryption, biometric authentication, attribute based encryption.

**Zolotov O., Karpovtseva I.** Model of the Infocommunication Network Interaction Environment. – PP. 226–229.

*The article illustrates architecture of an infocommunication network (ICN) as a control object, proposes a method for a formal representation of the interaction environment of an ICN by means of a mathematical description of the interaction between network levels, and uses the apparatus of hierarchical connectivity matrices.*

**Key words:** architecture, infocommunication network, ICN, interaction environment, connectivity matrix.

**Zolotov O., Letovaltseva A.** Model of the Infocommunication Network Processing Environment. – PP. 229–233.

*An overview of the management architecture of the infocommunication network is given, taking into account the interaction of the external environment, network elements among themselves*

---

*and data processing. A processing environment is described that provides the ability to represent the basic structural elements of the network that process digital information. Processes in the central processing unit, mathematically described as AN-schemes, are disclosed on the basis of the processing medium.*

**Key words:** infocommunication network, architecture of management, treatment media, AN-scheme.

**Zolotov O., Pustiynikov L.** Theory of Groups as a Research Unit of Conservation Structures and Conditions. – PP. 233–236.

*In the study of structures of control systems used the same mathematical formalism as for the management of objects in automatic control theory, however, is necessary to introduce new concepts such as the management structures: the increment of structures, etc. This requires the use of additional branches of mathematics such as group theory, in addition to the many approaches based on the concept of symmetry. The work deals with the ideas of communication management theory with the mathematical apparatus of symmetries.*

**Key words:** structure, management system, group theory, symmetry.

**Zyablitsev E., Lobanov S., Rakhimov N.** Security in Data Networks. – PP. 236–242.

*The article is devoted to problems of data protection in data transmission networks of special organizations. Disclosed to the potential threat of destruction, disruption and change data when circulated in a network of data transmission. Discusses some issues on the organization and equipment of data transmission networks enhancing security in data networks.*

**Key words:** protection, security, data, computer, network.

**Ivin A., Mikhailchenko D.** Software Platform for Development of Multimodal Robotic Systems with Async Multithreaded Control. – PP. 243–247.

*In this article software platform for development of multimodal robotic systems with async multithreaded control is proposed. This platform's main feature is high performance of communications between modules of the robotic systems, what was confirmed by experiments.*

**Key words:** robot, robotics, platform, asynchrony, multithreading, C++.

**Ignatova N.** A Lot of Implementations of Fractal Image Compression Methods. – PP. 248–255.

*Fractal image compression method is a rapidly developing, but not yet very widely used in practice method. There are a large number of implementations of this method, which is due to the fact that each stage of this method can be implemented in several ways. In this article the main stages of the fractal coding algorithm are considered and the main ways of implementing each of them. Examples are considered in which one can see how the choice of parameters and methods for implementing certain stages affects the encoding results – the coding time and the compression ratio.*

**Key words:** fractal method of image compression, division into range block, domain pool, acceleration of fractal method.

**Izrailov K., Pokusov V.** Actual Issues of Interaction of Elements of Complex Information Security Systems. – PP. 255–260.

*Information security of complex objects can not be ensured without the creation of complex information security systems. In this case, the effectiveness of the exchange of information on information protection means, as well as related dedicated services and staff units, becomes relevant. The solution can be found in the direction of standardization and standardization of the exchange protocols when they are combined into a single information system.*

**Key words:** means of information protection, integrated information security systems, information security, protocol of interaction.

**Iksanov A., Kozlova L.** Usage of Genetic Algorithms for Making Educational Schedule. – PP. 261–264.

*In order to organize quality educational process it is necessary to make right and accurate schedule, which provide even load for students and teachers. Automatization of this process is very actual at this moment, because this procedure is labour intensive and lengthy, if performed manually. Usage of model that based on genetic algorithms will allow us find optimal solution within various situations, and to speed up schedule making process.*

**Key words:** schedule, genetic algorithms, automation, programming languages, optimality.

**Kapitonov N., Filippov F.** Convolutional Neural Networks as a Basis of Computer Vision. – PP. 264–267.

*The article considers computer vision in modern realities. The methods of its realization are described, and also the choice of the most optimal method of convolutional neural networks is justified. The main principles of convolutional neural networks, their advantages and disadvantages are described. Data on the current use of convolutional neural networks in existing computer vision systems are given. The theoretical possibilities of improving the work by changing the internal parameters.*

**Key words:** Convolutional neural network, computer vision, pattern recognition.

**Kozlova L., Trofimov A.** Comparative Analysis of Approaches to the Development of Visualization Software. – PP. 267–269.

*The development of software for visualization of data is becoming an increasingly popular direction in many areas of activity. Because of the transformation of large amounts of data into visual graphical scenes, this direction opens up new opportunities for research. Based on the amount of data, costs and time, as well as visualization tasks, software development is conditionally divided into several groups, each of which has its advantages.*

**Key words:** software tool, amounts of data, visualization, mobile device, development.

**Kozlova L.** Principles of STEP Standard. – PP. 270–272.

*One of the most common data formats that are used in the integration of CALS-technologies, is the STEP standard. Its use provides a uniform description and interpretation of the data in the automated systems at various stages of the life cycle in different industries. Introduction STEP saves considerable human and material resources.*

**Key words:** an international standard, CALS-technology, format, data exchange, application protocol.

**Kozlova O.** Using of Algorithms of Image Recognition in the Cartography Systems. – PP. 273–276.

*One of the modern trends of information systems that support the data mining process becomes the cartography systems. The process of pattern recognition is a necessary component for such systems. So, there is a specific in application of standard algorithms for this subject area.*

**Key words:** Cartography, geographic information systems, pattern recognition.

**Kondratyev D., Ptitsyna L., Elsbayar Shevchenko N.** The Selection Algorithm Planning for Intelligent Service-Oriented Systems. – PP. 277–282.

*Actualized including planning service of the service-oriented systems. Described appointment scheduling service in the intelligent service-oriented systems. The formalism to describe the services involved in the configuration of intelligent service-oriented systems. Disclosed formalism to describe the scheduling algorithms. Selected formal methods to describe the environment for intelligent service-oriented systems. Obtained principles of forming the basis of planning algorithms for the configuration of intelligent service-oriented systems. The system of planning indicators of quality. The behavior of the selected indicators for the base planning algorithms. The main provisions of method of choice of scheduling algorithm for intelligent service-oriented systems.*

**Key words:** service-oriented system, planning, algorithm, formalism, quality.

**Korotkova M., Litvinov V.** Study of Machine Training Algorithms in Internet Marketing. – PP. 282–286.

*The article deals with the tasks of intelligent Internet marketing, in which it is possible to apply machine learning algorithms. The concept of marketing is considered, its main tasks are formulated. The main provisions of intellectual marketing policy are described. The concept of Internet marketing, its similarities and differences with traditional marketing is defined. The main tools and strategies of Internet marketing are considered. The scope of the described algorithms is singled out. The main directions of the development of machine learning in the tasks of Internet marketing are considered. There are two types of training: training precedents and deductive training.*

**Key words:** machine learning, machine learning algorithms, precedent training, deductive training, intellectual marketing policy, Internet marketing, Internet marketing tools, Internet marketing strategies.

**Kotenko I., Kushnerevich A., Saenko I., Chechulin A.** An Approach to Creation of Program System of the Distributed Parallel Processing of Data Bulks about Security Events on the Computer Network. – PP. 286–291.

*The paper consider an approach to creation of the program system of the distributed parallel processing of data bulks about security events on the computer network based on use of the program and instrumental Hadoop platform and functioning on its basis of the Spark system. Creation of such system will allow to realize stream processing of the collected data for computer network security monitoring on the basis of Complex Event Processing technology.*

**Key words:** information security, parallel computing, Big Data, security monitoring.

**Kotlova M., Ptitsyna L.** Formation of the Model of Organization of Accounting Museum Subjects in the Russian Federation Based on Ontological Approach. – PP. 291–295.

*The main approaches to the development of ontologies have been considered. Prospective directions of application of the ontological approach to creation of information systems for museums have been defined. The principles of developing a model for organizing the accounting of museum items and collections based on the ontological approach have been offered. The processes of organization of procedures for the acceptance of objects into a museum have been described. The methods of improving these processes was singled out with the aim of increasing their effectiveness. An ontology was developed for the registration of specimens that make up the museum space. The advantages of polyparadigmality in the formation of ontological models for the organization of accounting for museum items were considered.*

**Key words:** representation of knowledge, model, ontology, information system, accounting, museum items.

**Krasov A., Ushakov A., Losin E.** The Security Issue with Multicast in IP Networks. – PP. 295–301.

*The paper covers issues related to increased consumers' demands for different types of digital content in diverse networks such as global and corporate networks. From the perspective of statistic data, which is presented in the paper, the traffic advance and transformation are evident. Multicast based services for consumers are becoming more popular in mobile and communications networks. Consequently, service providers have to recognize how to use the existing cryptographic techniques for such-like network traffic transmission. They have to realize how to arrange network architecture and its management for the purpose of meeting quality of specific services requirements.*

*This paper describes major technical issues related to multicast traffic transmission security in communications networks. Following on from the results the LAN segment exhibiting practical implementation of proposed solutions will be proposed.*

**Key words:** Security, multicast, GDOI, IPsec, GETVPN, Cooperative Key Server, COOP.

**Krivtsov A., Moskaleva V.** Determination of the Structure of the Internet Representative Office of the Innovative Research Company. – PP. 301–306.

*The article considers possible site structures, advantages and disadvantages in their application, identified the criteria and defined the structure most suitable for solving the problems of an innovative research company.*

**Key words:** Internet representation, innovative research company, web-site tasks, site optimality criteria.

**Kruzhalin A., Trophimets A., Trophimets E.** The Use of Information Technology to Solve Systems of Nonlinear Equations. – PP. 306–310.

*Discusses practical applications of mathematics of systems of nonlinear equations. An example of solutions for a mathematical model for calculation of the size of the submarine "Nautilus" in the computer system Mathcad.*

**Key words:** a mathematical model, a computer system Mathcad, systems of nonlinear equations.

---

**Lebedeva A., Ptitsyna L.** Analytic Invariant Model-Analytical Intelligence Information Agents. – PP.310–314.

*Presents advantages and vulnerability model and analysis of intelligence information agents. An approach to the detection and elimination of defects in the model-information analytical intelligence agents in the manifestation of abnormal situations. Certain type and class of models of processes of functioning of intelligent information agents. Selected methods of generating invariants for model-analytical intelligence. We describe the typical fragments of models of intelligent information agents for the formation of invariants. Disclosed is a process for generating invariants model and analytical intelligence. Identified advantages of using analytic invariants model and analytical information intelligence agents.*

**Key words:** intelligent information agent, model-analytical intelligence, object-oriented model.

**Levkin A., Khilko V.** Inaccurate Duplicates Text Search Algorithm. – PP. 314–317.

*The article discusses the main features of the algorithms search similar to each other texts in order to identify cases of plagiarism and, in particular, a method based on the concept of shingles: its principle of operation, as well as modification of the variant with the help of local algorithms and methods of SEO, perspectives and areas of application. It is interesting because it provides opportunities for, modernization and improvement, demonstrated many popular search engines and text analysis services. A similar method for a long time actively used by various civil search engines, as well as the uniqueness of the evaluation system of the text, such as Turnitin, Antiplagiat, Copyscape.*

**Key words:** plagiarism, algorithm, search, text analysis.

**Litvinov V., Rebkovec E., Yakovlev I.** Estimation of Quality of Algorithms of Intellectual data analysis. – PP. 317–321.

*The procedure of empirical estimation for testing and comparison of classification algorithms is defined. The operation of using cross-validation is described. The necessary metrics for measuring the accuracy of the methods are given. Algorithms for filtering the classified data to improve the accuracy of the measurement are considered. Results of experimentally obtained accuracy indicators using several machine learning algorithms are given and interpretation of these data is made.*

**Key words:** data mining, classification, cross-validation.

**Litvinov V., Rebkovec E., Yakovlev I.** Evaluation of Quality of Algorithms of Cluster Data Analysis. – PP. 321–325.

*The problem of estimating the quality of the cluster structure obtained in the process of cluster analysis is considered. The main methods for evaluating the results of clustering the data array are described and a mathematical description of calculation of metrics and quality indices is given. The implementation of algorithms for evaluating clustering in the sklearn library of Python is considered. The analysis and comparison of the results of the experiment on the evaluation of the quality of data clustering methods are performed.*

**Key words:** cluster analysis of data, clustering, assessment of the quality of clustering.

**Litvinov V., Sokolova K.** Research of Machine Training Algorithms in Social Media Resources. – PP.325–328.

*The article considers the use of machine learning in modern social media resources, which represent a special kind of communication in society and allow to unite the interests of different social groups. The main content of the study is the analysis of methods and algorithms of machine learning, identification of the main tasks solved by machine learning. The purposes and tasks of using computer training in social media resources are given. Methods and algorithms of machine learning for analyzing the content of social media resources are proposed.*

**Key words:** machine learning, machine learning algorithms, machine learning method, social media resources, content.

**Medvedev V.** The Probability Characteristics of Binary Sequence. Continued. – PP. 328–333.

*Is considered a binary sequence as a discrete ring of an undefined size, where the value can be one of two possible values. Continued development of the principle of probabilistic positioning. Describes the methods of determination of conditional and unconditional probabilities of events in a sequence. Introduced the concept of resource developments as a basis for calculating probabilities.*

**Key words:** the binary sequence, model, probability, probabilistic positioning, resource events.

**Medvedev I., Ptitsyna L.** Optimization Planners for Intelligent Geographic Information Systems. – PP. 333–337.

*Perspective directions of intellectualization of geographic information systems. Joined the direction of improving the rational intelligent geographic information systems. The conditions for the choice of planning systems for rational intelligent geographic information systems. The criteria of selection of optimal planners. Presents alternatives posing the problem of choosing the best of planners. Formalization allocated to overcome the a priori uncertainty about the dependence of criteria and indicators of the quality planners. The method of optimization of the planners for intelligent geographic information systems.*

**Key words:** geographic information system, intellectualization, planning, algorithm, quality, optimization.

**Mikhailichenko N., Paraschuk I., Sayarkin L., Tkachenko V.** Analysis of User Characteristics of Modern Data Centers in the Interest of the Formulation of the System of Indicators of the Quality of the User Experience. – PP. 338–343.

*The article considers the methodological approach to the search and study of structure of system of indicators of quality of user service data centers (DC), how many that describes the external (user-defined) properties of modern systems of information storage. The proposed approach is based on the fact that the synthesis of optimal system of indicators subject to monitoring and forecasting for the management of data centers shall be based on the total volume and the range of services that should be provided to the user (a certain level of the hierarchy). As a result, increased the accuracy of the control state DC and the validity of decisions for management of parameters and operating modes.*

**Key words:** quality, efficiency, indicator, management, data center, user.

**Nezhinskii V., Ptitsyna L.** Formalization of the Description of Service-Oriented Systems with Temporal Logic – PP. 343–347.

*Reasons are given for the development of studies of service-oriented systems with temporal logic. Allocated areas for the development of formalized analysis of service-oriented systems with temporal logic. A hierarchy of objectives of this analysis. Considered formalism to describe the properties of service-oriented systems with temporal logic. It presents a series of steps of forming describe the properties of service-oriented systems with temporal logic. The features of the construction of the specification in terms of the logic CTL. The formulas for the description of the service-oriented systems with temporal logic. Advantages of formal specifications for the verification of service-oriented systems with temporal logic.*

**Key words:** service-oriented systems, service-oriented architecture, specification, mathematical model, verification, temporal logic, logic CTL.

**Nikitin P., Rogachev V.** Comparative Analysis of the GUI for Developing a Computer Vision System. – PP. 347–350.

*In the course of the report, a comparative analysis of the GUI for developing a computer vision system was made, such as Qt, Nano-x, Gtk, wxWidgets. In the course of the comparison, the main criteria for developing the graphical interface are discussed, the structures of each of the graphic interfaces are presented. The main criterion for choosing a GUI is the resource consumption characteristic of software written using the means of constructing graphical user interfaces. The purpose of the analysis is to identify the least resource-consuming graphical interface for developing computer vision.*

**Key words:** Information technology, programming, graphical user interface, software development, development tools.

**Ptitsyna L.** Methodology Generation Model-Analytical Intelligence Service-Oriented Systems with Quality Assurance. – PP. 351–354.

*Obtained perspective directions of intellectualization of service-oriented systems. The features of a priori uncertainty about the situation in media information infrastructures. The technological basis of service-oriented systems. Rounds range of criteria and indicators of quality of functioning of service-oriented systems. The concept of model generation and analysis of intelligence service-oriented systems in terms of situational uncertainty. Provided the method of formation of advanced object-oriented models of service integration with the a priori uncertainty descriptions of information infrastructure environments. The characteristics of the methods of analytical modeling of distributed service-oriented systems. Introduced typical profiles distributed service-oriented systems with boolean logic and temporal integration of funds involved. The advantages of the model-analytical intelligence service-oriented systems.*

**Key words:** service, integration of services, service-oriented system, model-analytical intellect, generation.

**Ptitsyna L., Smirnova P.** Methods of Forming a Model of Service-Oriented Systems with Temporal Logic Synchronization Services. – PP. 355–360.

*The urgency of the temporal synchronization logic in interaction components of service-oriented systems. The basic principles of descriptions of temporal synchronization logic mechanisms. Permission parameter space mechanisms descriptions. Describe the purpose of the models of service-oriented systems. Choose the type and class of models to represent the process*

---

*of functioning of service-oriented systems with temporal logic synchronization services. Disclosed methods of extension of the selected class models. The methods of obtaining information about the features of architecture, service-oriented systems. A method of forming a model of service-oriented systems with temporal logic synchronization services.*

**Key words:** service, integration, synchronization, temporal logic, model, class models.

**Ptitsyna L., Khromenkov S.** Variations in the Formalization of the Description of the Active Environment of Intelligent Multi-Agent Systems. – PP. 360–362.

*Reasons are given for the relevance of studies of the behavior of intelligent multi-agent systems in active environment. We describe the key principles of different approaches to repel activity environments. Presents the relationship of architecture of intelligent multi-agent systems and activity environments. The requirements to the description of the active environment. The choice of the type and class of formal descriptions of the active environment of intelligent multi-agent systems. The content of the variations in the formalization of the description. Taken into account the architectural features intelligent multi-agent systems.*

**Key words:** intelligent computer agent, multi-agent system, active environment, object-oriented model, extended model.

**Ptitsyna L., Chernoshey D.** Choice of Routing Methods for Multi-Service Networks. – PP. 363–7

*Describe the importance of multi-service networks for the development of information infrastructures of professional activity. Structured view of routing methods in multi-service networks. It forms the basis of the routing method for multi-service networks. The system of indicators and criteria for the choice of routing methods, taking into account multi-service network operation quality. The concept of the formation of the initial information for solving problems of selection. Presents the formalization for the formation of the initial information. The content of the mathematical apparatus of formalization. Substantiated structure of the necessary means to select the routing method in multi-service networks, taking into account the quality of their functioning.*

**Key words:** multi-service network, routing, method, quality indicators, criteria, selection.

**Rogozinsky G., Sotnikov A.** Design Principles for Acoustic Interfaces in Multimedia Information Systems. – PP. 367–372.

*Most of modern information systems are faced with restrictions of user perception abilities in reach information flows. Multimedia audio-visual and speech man-machine interfaces are widely used in different technical systems. Most of them are developed in "creative" way, without its systematic description and formal requirements. Domain model that allows a unified description for significant characteristics of information system is proposed. It allows to formulate the requirements for interfaces constructed in acoustic environment based on sonification technologies.*

**Key words:** audio man-machine interface, domain model, sonification.

**Tarasov V.** To the Question of Multiservice Information Networks. – PP. 372–377.

*Discusses approaches to assessing the characteristics and quality of service in multiservice information networks and multimedia traffic.*

---

**Key words:** multi-service networks, IPTV, multimedia traffic.

**Tarasov V.** Modern Video Conferencing. – PP. 377–382.

*The analysis of the current state of video conferencing technology and integrated services.*

**Key words:** Video conferencing, video server, scalable video coding.

**Churnosov E.** Methods of a Comparative Estimation Mobile Phones Influence on the Working. – PP. 382–387.

*Methods of a comparative estimation mobile phones influence on the working are offered. Methods are based on system methodology of mathematical planning of experiment&.*

**Key words:** mobile phone, the system analysis, factors, mathematical planning of experiment, factors.

**Shekovtsov O.** Specification of Germ. – PP. 388–393.

*Describes the mathematical structure of flexible intelligent workstation management employee (germ). defines the properties of flexibility and intelligence, describes the content structure germ, there are two levels of consideration germ conceptual and technological. conceptual includes basic concepts and directions or solutions. technological level - the methods and means of realization of these ways. defined mathematical structure germ conceptual level and the content of the implementation of the basic concepts: concepts of self-development, concept tipification and the concept of intellectualization.*

**Key words:** flexible intellectual arm, the structure of germ, conceptual level, technological level, the concept of self-development, 2-tier architecture germ, the bank formalized tasks, the concept of typification, a typical task, the collection of typical tasks, the concept of intellectualization, new information technology of automated tasks solution.

## THEORETICAL FOUNDATIONS OF ELECTRONICS

**Alekseev A., Seliverstov L.** HF Correction on Operational Amplifiers. – PP. 394–397.

*The operational amplifier with full frequency correction is the most suitable device to the concept of the amplification area. The upper boundary frequency is inversely proportional to the gain with the feedback. At a selected value, the boundary frequency may not be sufficient. To achieve the desired frequency properties, it is suitable to use a cascade on an operational amplifier with a smaller gain and a larger cut-off frequency. Losses in amplification can be compensated by including the same cascades in addition. Cascading, however, always leads to a narrowing of the bandwidth. Consider an option in which the narrowing of the bandwidth is less than the increase in the gain. Correction is possible due to the increase in the area of amplification.*

**Key words:** HF correction, operational amplifier, cascade, Fastmean.

**Alekseev A., Seliverstov L.** New Version of the Frequency Correction Macro-Model of Operational Amplifier. – PP. 397–401.

*For many years, the operational amplifier macro-model containing voltage-controlled current source has been used. We're propose the variant constructed from a fractal connection of three ideal op amps and two frequency-dependent passive links forming the poles in the transmission function. Also obtained the expressions obtained for calculating the frequency of the unit gain with the required accuracy.*

**Key words:** HF Frequency correction, operational amplifier, cascade, Fastmean.

**Alekseev A., Filin V.** Research of Current Mirror with Volt-Ampere Characteristics. – PP. 401–404.

*The current mirror circuit contains at least two transistors. One of them, in diode inclusion, is called the master, the other is the slave. Transforming the first by the method of Tevhenin into an equivalent generator, we obtain a scheme convenient for analysis. There, we could find a rest point on the input characteristics of the driven transistor. Calculations and constructions at different temperatures give the trajectory of this point and a set of loading lines. In the program Fastmean we get a visual representation of the operation of the current mirror.*

**Key words:** current mirror, cascade, Tevhenin, Fastmean.

**Alekseev A., Yurova V.** Definition of the Coefficient of the Loop Gain at DC an AC. – PP. 405–409.

*When calculating the depth of the feedback is practically no distinction in the substitution of parameters of transistors for AC and DC. And the gain of the base current is same value at AC and DC. However, the value of the input impedance at DC can be tenfold higher than the analogue on AC. We considered the example of the gap loop of the feedback at DC and introduced the results of the calculations of the loop gain of the feedback. Was compared the depths of the feedback for different cases.*

**Key words:** feedback, depth of the feedback, transistor, gain, alternating current, direct current.

**Alekseev A., Yurova V.** Stabilization Mode in Bipolar Transistors. – PP. 409–413.

*Large value of the input impedance of base-emitter of the transistor at DC limits the depth of the feedback. However, amplifier cascades can satisfactorily operate at the value of the depth of feedback in a few units. It was shown, that the changing type of transistor leads to the changing gain and the value of the base current. Its counteraction is occurs. This process is correlated by the depth of the feedback.*

**Key words:** feedback, depth of the feedback, transistor, amplifier.

**Akhmetov R., Sedyshev E.** Broadband Antennas of the Loop Type for Volumetric Integrated Circuits Microwave. – PP. 414–417.

*Construction of volumetric ICs microwave using the planar logarithmic spiral antennas is also a big opportunity because of their wide bandwidth and circular polarization. In the analysis of planar spiral antennas have shown that the current flows through the outer part of the spiral, and, if we exclude the inner part of the metal structure, characteristics of the emitter remains the same. The work is a development of the method of the wire equivalents. The results can*

---

*be used to manufacture conventional microwave antennas, loop antennas also help to understand the nature of spiral structures themselves.*

**Key words:** ultrawideband antenna, the antenna contour type, spiral planar emitters, volumetric integrated circuits.

**Bezjazykova T., Matuhina T., Senchonok V., Sotenko S.** New Methods in Manufacturing Techniques of Composite Absorbing Materials and Coverings. – PP. 417–421.

*The problem of interaction of absorbing and shielding surfaces with power spectra of falling electromagnetic radiation is considered at the decision of a problem of creation of highly effective protective flexible designs of electromagnetic screens and absorbing coverings on the basis of the complex approach to the problem decision.*

**Key words:** flexible absorbing coverings, multilayered gradient fiber structures.

**Bogdanov A., Kotiashichev I., Petrenko M.** Research and Modelling of the Multiband Fractal Antenna Element in the Program ANSOFTHFSS Environment. – PP. 421–426.

*The multiband antennas designed base on fractal structures are researched in the article. Modeling of an antenna is carried out on the base of the Serpinsky napkin and the modified fractal antenna in a package of electrodynamic analysis of the software FEKO is carried out. The analysis of electric characteristics of the received models of antennas is carried out. The comparative results of modeling and research are presented. Possibility of the practical use of the antennas of the specified type is shown.*

**Keywords:** multiband antenna, fractal, Serpinsky's napkin.

**Bocharov E., Rybalko I., Sedyshev E., Seliverstov L., Sikora G.** Frequency Selection and Stabilization Devices Based on a Elliptic Resonators. – PP. 426–431.

*The work is devoted to a new type of microwave frequency selection devices – elliptical resonators and devices based on them. Topologies, some physical characteristics and applications of these devices are considered.*

**Key words:** elliptic resonators, planar resonators, microwaves, filters, frequency selection, frequency stabilization.

**Bocharov E., Rynkach E., Sedyshev E.** Microwave Antennas with Integrated Balancing and Matching Devices Based on Cavity Resonators Synthesis. – PP. 431–435.

*The main problems of matching and selection of the method of supplying microwave antennas based on cavity resonators are considered: the effect of the base element (cavity resonator) and the radiators configuration on the antenna characteristics, the choice of the radiators location on the base element, the possibility of changing parameters for the purpose of matching the antenna feeder generally.*

**Key words:** antenna synthesis, direct solution, optimality criterion, volume resonators, balancing and matching.

**Bulatova I., Sedyshev E.** Ring Radiators on Planar Resonators. – PP. 436–440.

*Circular radiators realized on a slot, coplanar and asymmetric stripline are considered. The possibility of multiband operation of such radiators has been investigated.*

---

**Key words:** slotted resonator, planar resonator, radiator, supply line.

**Ganbaev A., Prialukhin D., Filin V.** Implementing the Mode with Highest Possible Power Conversion Efficiency in High-Frequency Oscillator with External Excitation. – PP. 441–444. *Research in class-Em switching mode power amplifier of radio-frequency oscillation is done. Characteristics of projection are parsing, class-Em modeling in FASTMEAN-program is executing.*

**Key words:** switching power amplifier, smooth switching.

**Ganbayev A., Filin V.** Investigation of the Self-Oscillation Mode in the Controlled Current Fed Resonant Inverter. – PP. 445–449.

*The problem of constructing the controlled current fed resonant inverter for operation in the self-oscillation mode is considered. The conditions and limiting relations for the parameters of the inverter are investigated, which ensure an automatic tuning of the frequency of self-oscillations under the switching regime of transistors at zero voltage. The results of computer simulation of processes and calculation of characteristics are presented.*

**Key words:** Controlled current fed resonant inverter, self-oscillation mode.

**Golovin A., Smirnov V.** Soft-decision active channel choice scheme in a feedback loop system. – PP. 450–454.

*A feedback loop system with multiple output variables to be controlled is considered. Having designed each loop to be stable independently, the task of combining them into whole control system arises. Obvious solutions, e.g. summing the loop outputs or choosing the active channel (either hard choice or soft decision), fail to operate because of introduced cross-coupling and discontinuous initial conditions. Special scheme is proposed to combine independent channels into the whole control system. The solution operation is demonstrated using bidirectional DC-DC converter example.*

**Key words:** multiloop feedback system, soft-decision scheme, bidirectional DC-DC converter.

**Kubalova A., Maksimov A.** Synthesis, Modeling and Experimental Research of Microwave planar Elliptic-Function Bandstop Filter with Realization on Standard Sections. – PP. 454–460. *The issues of mass and size minimization are vital to modern radio location, radio navigation and communications systems. A novel design method of elliptic microstrip bandstop microwave filter employing standard resonant sections is proposed. Numeric design example as well as electromagnetic simulation and experimental results are presented.*

**Key words:** microwave filter, microstrip filter, bandstop filter, elliptic filter, electromagnetic simulation, Richards transformation.

**Landa A.** Microwave Chebyshev Fourth Order Filter by a Transmission Line with Characteristic Impedance Changing Exponentially. – PP. 460–462.

*Bandpass microwave filters in irregular transmission line with characteristic impedance changing exponentially are designed. The designed filter, matching different impedance.*

---

*The filter has a small transverse dimension, it can be relatively easy to place, among other elements. The filter is compact and easy to implement.*

**Key words:** microwave filters, irregular line, impedance matching.

**Nikitin Y.** Vernier Frequency Multiplying with Large Frequency Rate. – PP. 463–468.

*Considered multiplication vibrations with high magnification by a phase-locked loop, bringing the path which is implemented using broadband digital vernier single-sideband frequency converter. It is shown that the output PLL noise and interference falling within the transparent band (unity gain) multiplied significantly more less than the input frequency.*

**Key words:** digital frequency synthesis, vernier reduction path, digital single-sideband frequency conversion.

**Nikitin Y., Yurova V.** The Computer Simulation of Mixers Signals at Computer Program MICRO-CAP 9–11 Versions. – PP. 468–472.

*Sensitivity of spectrum analyzers, measurement receivers, which are widely used in the production of semiconductor electronics, radio communication, radiolocation and biochemical researches, generally determined by the used schemes of multipliers (mixers) signals. We present results of the calculations of the schemes parameters and computer modulations of the basic schemes of signal multipliers (mixers). There're obtained the spectral characteristics of the output signal at different input levels and analysis of the results. It was established that the scheme of the multiplier signals on the current mirror provides a lower level of combinational components, even at the large level of the amplitude of the input signal.*

**Key words:** frequency mixer, diode, transistor, current mirror, differential amplifier, spectral characteristics, spectrum analyzers.

**Pokrovskiy N., Sedyshev E.** Study of Planar Spirals in Volumetric Integrated Circuits of Microwave. – PP. 472–476.

*The work is devoted to study of the relationship of the geometric parameters of the planar equiangular spiral and its electrodynamic characteristics. The proposed design layout for the study of the planar spiral, for which the results of electrodynamic simulation software package. The algorithm of the experiment. Comparative analysis of various variants of planar equiangular spirals for evaluating the effectiveness of radiation.*

*Describes the field of application of spiral structures in volumetric integrated circuits of microwave.*

**Key words:** spiral antennas, inductance, coil inductance, volumetric integrated circuits, FEKO, the calculation of the spiral antenna, planar antenna, microstrip antenna.

**Sergeev V.** Design features LC filters, taking into account the parasitic element settings. – PP. 477–480.

*By reactive filter circuits switching power supply, along with the requirements for the suppression of the fundamental harmonic of the switching frequency as the requirements imposed by the weakening of the pulse generated by sources com radio frequency interference. This makes it necessary to conduct calculation taking into account the parasitic parameters of real reactive elements of the filter. The features of such a calculation.*

**Key words:** RFI filters, parasitic parameters, insertion loss.

**Filin V.** The Symbolical Analysis of the Characteristics of the Amplifier with Combined Feedback in the Computer Environment FASTMEAN+Maple. – PP. 481–484.

*The technique of the computer symbolical analysis of complicated electronic schemes on the example of the amplifier with the combined feedback is presented. The sequence of operations on finding of analytical expression for function of depth of feedback of the amplifier at interaction of the FASTMEAN and Maple programs is described.*

**Key words:** symbolical analysis of electronic schemes, generation of analytical expression, function of depth of feedback.

**Kotov V., Chirovitch A.** Balanced Scorecard Agrocomplex. – PP. 485–489.

*On the basis of a dynamic model of Cash-Flow developed a model for agro, allowing to calculate the balanced performance of the firm in the selection of its various development strategies. The model includes four groups (prospects) performance throughout the planning horizon, linking them with the strategic indicators of the company. The dynamics of the main indicators of business performance and project changes.*

**Key words:** balanced ScoreCard, strategy goals, cash-flow model.

---

## АВТОРЫ СТАТЕЙ

- АВЕРКОВА** Анастасия Сергеевна офицер инженерно-технического факультета Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России, [ezemifort@inbox.ru](mailto:ezemifort@inbox.ru)
- АВЕРЧЕНКОВ** Роман Андреевич студент Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, старший инженер-программист ООО «ВейвАксесс Сервис», [averchenkov.r.a@gmail.com](mailto:averchenkov.r.a@gmail.com)
- АВРАМЕНКО** Владимир Семенович кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры автоматизированных систем специального назначения Военной академии связи имени Маршала Советского Союза С. М. Буденного, [vsavr@yandex.ru](mailto:vsavr@yandex.ru)
- АКИМОВ** Сергей Викторович кандидат технических наук, доцент кафедры автоматизации предприятий связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [akimov-sv@yandex.ru](mailto:akimov-sv@yandex.ru)
- АЛЕКСЕЕВ** Алексей Георгиевич кандидат технических наук, доцент кафедры электроники и схемотехники Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [alekseev\\_a\\_g@mail.ru](mailto:alekseev_a_g@mail.ru)
- АНДРИАНОВА** Екатерина Евгеньевна старший преподаватель кафедры безопасности информационных систем Санкт-Петербургского университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [yekaterina\\_and@mail.ru](mailto:yekaterina_and@mail.ru)
- АНТОНОВ** Валерий Валентинович старший преподаватель кафедры информационных управляющих систем Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [antonler@rambler.ru](mailto:antonler@rambler.ru)
- АРЗУМАНЯН** Юрий Вазгенович кандидат технических наук, декан факультета экономики и управления Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [arz@fem.sut.ru](mailto:arz@fem.sut.ru)

- 
- АФАНАСЬЕВ** кандидат технических наук, доцент кафедры технологии приборостроения Санкт-Петербургского научно-исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики, [stratumxspb@gmail.com](mailto:stratumxspb@gmail.com)  
Максим Яковлевич
- АХМЕТОВ** студент Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [robertakhmetov@bk.ru](mailto:robertakhmetov@bk.ru)  
Роберт Раилевич
- БАЗИНА** магистрант кафедры информационных систем в экономике Санкт-Петербургского государственного университета, [n.p.271192@mail.ru](mailto:n.p.271192@mail.ru)  
Наталья Андреевна
- БАСОВ** кандидат технических наук, сотрудник кафедры многоканальной электросвязи Академии Федеральной службы охраны Российской Федерации, [oobasov@mail.ru](mailto:oobasov@mail.ru)  
Олег Олегович
- БАШЛАЕВ** старший оператор научной роты Военной академии связи имени Маршала Советского Союза С. М. Буденного, [BRG1218@gmail.com](mailto:BRG1218@gmail.com)  
Роман Георгиевич
- БЕДЕНКОВ** слушатель Военной академии связи имени Маршала Советского Союза С. М. Буденного, [vitor-mail@mail.ru](mailto:vitor-mail@mail.ru)  
Виктор Николаевич
- БЕЗЪЯЗЫКОВА** кандидат технических наук, доцент кафедры конструирования и производства радиоэлектронных средств Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [tatianagut@yandex.ru](mailto:tatianagut@yandex.ru)  
Татьяна Григорьевна
- БЕЛОВ** кандидат технических наук, доцент кафедры информационных управляющих систем Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [mlesa58@mail.ru](mailto:mlesa58@mail.ru)  
Михаил Петрович
- БЕЛОУС** кандидат технических наук, доцент кафедры автоматизации предприятий связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [kostos2@yandex.ru](mailto:kostos2@yandex.ru)  
Константин Владимирович
- БИРЮКОВ** адъюнкт кафедры автоматизированных систем (специального назначения) Военной академии связи имени Маршала Советского Союза С. М. Буденного, [urgent.ma@gmail.com](mailto:urgent.ma@gmail.com)  
Михаил Александрович

- 
- БОБРЕШОВ-ШИШОВ  
Даниил Игоревич курсант Военной академии связи имени Маршала Советского Союза С. М. Буденного,  
[dbober94@gmail.com](mailto:dbober94@gmail.com)
- БОГДАНОВ  
Александр Валентинович кандидат военных наук, заместитель начальника научно-исследовательского центра Военной академии связи имени Маршала Советского союза С. М. Буденного,  
[92ilya92@mail.ru](mailto:92ilya92@mail.ru)
- БОНДАРЕНКО  
Владимир Александрович заместитель начальника центра средств интеллектуальной обработки изображений в РТС СН АО «Научно-производственное предприятие «Авиационная и морская электроника»,  
[shockus@gmail.com](mailto:shockus@gmail.com)
- БОЧАРОВ  
Евгений Иванович кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры электроники и схемотехники Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [bocharov.ekp@gmail.com](mailto:bocharov.ekp@gmail.com)
- БРУНИЛИН  
Алексей Александрович адъюнкт кафедры автоматизированных систем (специального назначения) Военной академии связи имени Маршала Советского Союза С. М. Буденного,  
[ale483@mail.ru](mailto:ale483@mail.ru)
- БУЛАТОВА  
Ирина Александровна старший преподаватель кафедры электроники и схемотехники Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [usatova\\_ia@mail.ru](mailto:usatova_ia@mail.ru)
- БУЛЫГИН  
Григорий Александрович студент Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [gri9996@yandex.ru](mailto:gri9996@yandex.ru)
- ВАГАНОВ  
Александр Валерьевич старший преподаватель кафедры автоматизации предприятий связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [a\\_v\\_vaganov@mail.ru](mailto:a_v_vaganov@mail.ru)
- ВАХРУШЕВ  
Денис Олегович магистрант кафедры информационных управляющих систем Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [dinich94@mail.ru](mailto:dinich94@mail.ru)
- ВЕРХОВА  
Галина Викторовна доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой автоматизации предприятий связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [galina500@inbox.ru](mailto:galina500@inbox.ru)

- 
- ВОЛКОГОНОВ**  
Владимир Никитич кандидат технических наук, доцент кафедры защищенных систем связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [kolesnikova9292@mail.ru](mailto:kolesnikova9292@mail.ru)
- ВОЛОШИНОВ**  
Денис Вячеславович доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой информатики и компьютерного дизайна Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [denis.voloshinov@yandex.ru](mailto:denis.voloshinov@yandex.ru)
- ВОЛЬФСОН**  
Михаил Борисович кандидат экономических наук, доцент кафедры информационных технологий в экономике Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [volfson75@gmail.com](mailto:volfson75@gmail.com)
- ВОСТОКОВ**  
Евгений Викторович кандидат экономических наук, доцент кафедры управления и моделирования в социально-экономических системах Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [ostenek@mail.ru](mailto:ostenek@mail.ru)
- ГАВРИЛОВ**  
Дмитрий Константинович магистрант кафедры информационных управляющих систем Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [dima.emos@gmail.com](mailto:dima.emos@gmail.com)
- ГАДАСИНА**  
Людмила Викторовна кандидат физико-математических наук, доцент информационных систем в экономике Санкт-Петербургского Государственного университета, [n.p.271192@mail.ru](mailto:n.p.271192@mail.ru)
- ГАНБАЕВ**  
Асиф Акиф оглы аспирант кафедры электроники и схемотехники Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [asif.ganbayev@gmail.com](mailto:asif.ganbayev@gmail.com)
- ГАНИН**  
Петр Андреевич старший оператор научной роты Военной академии связи имени Маршала Советского Союза С. М. Буденного, [GaninPeter@gmail.com](mailto:GaninPeter@gmail.com)
- ГВОЗДКОВ**  
Игорь Вячеславович старший преподаватель кафедры безопасности информационных систем Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [gvozdkov@rambler.ru](mailto:gvozdkov@rambler.ru)

- 
- ГИРАЕВА Альбина Везирхановна студентка группы ИСТ-513 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [albina.giraeva@yandex.ru](mailto:albina.giraeva@yandex.ru)
- ГОЛОВИН Алексей Николаевич инженер кафедры электроники и схемотехники Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [aalex984@mail.ru](mailto:aalex984@mail.ru)
- ГОЛУТВИНА Юлия Александровна магистрант кафедры информационных управляющих систем Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [komsomolo4ka@gmail.com](mailto:komsomolo4ka@gmail.com)
- ГУБИН Александр Николаевич кандидат технических наук, доцент кафедры информационных управляющих систем Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [gan50\\_60@mail.ru](mailto:gan50_60@mail.ru)
- ГУРИНОВА Татьяна Дмитриевна магистрант кафедры информационных управляющих систем Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [nupasik@yandex.ru](mailto:nupasik@yandex.ru)
- ГУСЕВ Дмитрий Сергеевич магистрант кафедры информационных управляющих систем Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [gusev999dima@gmail.com](mailto:gusev999dima@gmail.com)
- ГУЩИН Алексей Владимирович аспирант кафедры информационных управляющих систем Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [alexeygushinpost@gmail.com](mailto:alexeygushinpost@gmail.com)
- ГЯНДЖИЕВ Эмил Эльнур Оглы магистрант кафедры автоматизации предприятий связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [denis.voloshinov@yandex.ru](mailto:denis.voloshinov@yandex.ru)
- ДАВЫДОВА Екатерина Викторовна старший преподаватель кафедры информационных управляющих систем Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [k\\_davidova@bk.ru](mailto:k_davidova@bk.ru)
- ДОЙНИКОВА Елена Владимировна научный сотрудник Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации Российской академии наук, [doynikova@comsec.spb.ru](mailto:doynikova@comsec.spb.ru)

- 
- ДОЛГУН** магистрант кафедры информационных управляющих систем Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [dolgun.vlad@mail.ru](mailto:dolgun.vlad@mail.ru)  
Владислав Олегович
- ЕГОРОВ** магистрант кафедры информационных управляющих систем Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [egorovjo@mail.ru](mailto:egorovjo@mail.ru)  
Евгений Юрьевич
- ЕРШОВ** начальник НИО-5 НИЦ Военной академии связи имени Маршала Советского Союза С. М. Буденного, [aershov@mail.ru](mailto:aershov@mail.ru)  
Александр Владимирович
- ЗАХАРОВ** кандидат технических наук, доцент кафедры информационных технологий в экономике Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [za54ar@gmail.com](mailto:za54ar@gmail.com)  
Ариан Арианович
- ЗОЛОТОВ** кандидат технических наук, профессор кафедры информационных управляющих систем Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [oleg\\_1938@mail.ru](mailto:oleg_1938@mail.ru)  
Олег Иванович
- ЗЯБЛИЦЕВ** начальник учебной части – заместитель начальника военной кафедры Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [evzyablicev@mail.ru](mailto:evzyablicev@mail.ru)  
Евгений Викторович
- ИВАНОВ** кандидат военных наук, доцент кафедры «Организация связи» Военной академии связи имени Маршала Советского Союза С. М. Буденного, [wasj2006@yandex.ru](mailto:wasj2006@yandex.ru)  
Василий Геннадьевич
- ИВИН** младший научный сотрудник лаборатории автономных робототехнических систем Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации Российской академии наук, [arssivka@yandex.ru](mailto:arssivka@yandex.ru)  
Арсений Григорьевич
- ИГНАТОВА** аспирант кафедры информатики и компьютерной графики Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, [ynake@mail.ru](mailto:ynake@mail.ru)  
Наталья Александровна
- ИЗРАИЛОВ** аспирант кафедры защищенных систем связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [konstantin.izrailov@mail.ru](mailto:konstantin.izrailov@mail.ru)  
Константин Евгеньевич

- 
- ИКСАНОВ  
Александр Васильевич магистрант кафедры информационных управляющих систем Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [supportonly@yandex.ru](mailto:supportonly@yandex.ru)
- КАЛЯШОВ  
Евгений Владимирович инженер-программист научно-образовательного центра «Лаборатория программирования» Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [ekalyshev@gmail.com](mailto:ekalyshev@gmail.com)
- КАПИТОНОВ  
Никита Сергеевич студент Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [mof2k@mail.ru](mailto:mof2k@mail.ru)
- КАПЛИНСКИЙ  
Глеб Эдуардович научный сотрудник центра средств интеллектуальной обработки изображений в РТС СН АО «Научно-производственное предприятие «Авиационная и морская электроника», [glebqq@gmail.com](mailto:glebqq@gmail.com)
- КАРПОВ  
Дмитрий Алексеевич оператор научной роты Военной академии связи имени Маршала Советского Союза С. М. Буденного, [klinok747@yandex.ru](mailto:klinok747@yandex.ru)
- КАРПОВЦЕВА  
Ирина Юрьевна студентка Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [irina.karpovtseva@gmail.com](mailto:irina.karpovtseva@gmail.com)
- КОЖАНОВ  
Юрий Федорович кандидат технических наук, доцент кафедры безопасности информационных систем Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [juriy.kozhanov@mail.ru](mailto:juriy.kozhanov@mail.ru)
- КОЗЛОВА  
Людмила Петровна кандидат технических наук, доцент кафедры информационных управляющих систем Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [tigrenok59@mail.ru](mailto:tigrenok59@mail.ru)
- Козлова  
Ольга Александровна старший преподаватель кафедры информационных управляющих систем Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [K\\_Olga\\_A@mail.ru](mailto:K_Olga_A@mail.ru)
- КОЗОРЕЗ  
Павел Юрьевич старший оператор научной роты Военной академии связи имени Маршала Советского Союза С. М. Буденного, [paztedd@gmail.com](mailto:paztedd@gmail.com)

- 
- КОЛЕСНИКОВА Юлия Андреевна магистрант кафедры защищенных систем связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [kolesnikova9292@mail.ru](mailto:kolesnikova9292@mail.ru)
- КОНДРАТЬЕВ Дмитрий Анатольевич аспирант кафедры информационных управляющих систем Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [dimitry.kondratiev@gmail.com](mailto:dimitry.kondratiev@gmail.com)
- КОРОТКОВА Мария Игоревна студентка группы ИСТ-611м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [marikor168@gmail.com](mailto:marikor168@gmail.com)
- КОРЯКИН Денис Дмитриевич командир научного взвода – младший научный сотрудник Военной академии связи имени Маршала Советского Союза С. М. Буденного, [koryakinen@gmail.com](mailto:koryakinen@gmail.com)
- КОТЕНКО Игорь Витальевич доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией проблем компьютерной безопасности Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации Российской академии наук, [ivkote@comsec.spb.ru](mailto:ivkote@comsec.spb.ru)
- КОТЛОВА Мария Владимировна старший преподаватель кафедры информационных управляющих систем Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [mkotlova@gmail.com](mailto:mkotlova@gmail.com)
- КОТОВ Виктор Иванович кандидат технических наук, заведующий кафедрой управления и моделирования в социально-экономических системах Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [kotov-vi@yandex.ru](mailto:kotov-vi@yandex.ru)
- КОТЯШИЧЕВ Илья Александрович оператор научной роты, центра Военной академии связи имени Маршала Советского союза С. М. Буденного, [92ilya92@mail.ru](mailto:92ilya92@mail.ru)
- КРАСОВ Андрей Владимирович кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой защищенных систем связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [krasov@inbox.ru](mailto:krasov@inbox.ru)

- 
- КРИВЦОВ** кандидат физико-математических наук, доцент кафедры безопасности информационных систем Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [a\\_kriv@mail.ru](mailto:a_kriv@mail.ru)  
Александр Николаевич
- КРУГЛОВА** магистрант кафедры информационных управляющих систем Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [undeasv@yandex.ru](mailto:undeasv@yandex.ru)  
Светлана Андреевна
- КРУЖАЛИН** курсант Военной академии связи имени Маршала Советского Союза С.М. Буденного, [ezemifort@inbox.ru](mailto:ezemifort@inbox.ru)  
Александр Денисович
- КРЫЛОВА** магистрант кафедры технологии приборостроения Санкт-Петербургского научно-исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики, [ananasn94@gmail.com](mailto:ananasn94@gmail.com)  
Анастасия Андреевна
- КУБАЛОВА** кандидат технических наук, доцент кафедры теории электрических цепей и связь Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [kubalovaap@mail.ru](mailto:kubalovaap@mail.ru)  
Анна Рудольфовна
- КУШНЕРЕВИЧ** программист лаборатории проблем компьютерной безопасности Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации Российской академии наук, [kushnerevich@comsec.spb.ru](mailto:kushnerevich@comsec.spb.ru)  
Алексей Григорьевич
- КХОДЕР** аспирант кафедры автоматизации предприятий связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [h.khoder@list.ru](mailto:h.khoder@list.ru)  
Хабиб
- ЛАНДА** кандидат технических наук, доцент кафедры электроники и схемотехники Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [landa.alexandr@mail.ru](mailto:landa.alexandr@mail.ru)  
Александр Эдуардович
- ЛЕБЕДЕВА** аспирант кафедры информационных управляющих систем Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [annalebedeva4@mail.ru](mailto:annalebedeva4@mail.ru)  
Анна Андреевна
- ЛЕВКИН** курсант Военной академии связи имени Маршала Советского Союза С. М. Буденного, [eaklone@yandex.ru](mailto:eaklone@yandex.ru)  
Александр Сергеевич

- 
- ЛЕТОВАЛЬЦЕВА Алина Сергеевна магистрант кафедры информационных управляющих систем Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [alina\\_letovaltseva@mail.ru](mailto:alina_letovaltseva@mail.ru)
- ЛИТВИНОВ Владислав Леонидович кандидат технических наук, доцент кафедры информационных управляющих систем Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [vlad.litvinov61@gmail.com](mailto:vlad.litvinov61@gmail.com)
- ЛОБАНОВ Сергей Николаевич старший преподаватель Военной академии связи имени маршала Советского Союза С. М. Буденного, [lsn2606@mail.ru](mailto:lsn2606@mail.ru)
- ЛОСИН Евгений Павлович магистрант кафедры защищенных систем связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [losin90@mail.ru](mailto:losin90@mail.ru)
- МАКАРЕНКОВ Кирилл Евгеньевич магистрант кафедры автоматизации предприятий связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [denis.voloshinov@yandex.ru](mailto:denis.voloshinov@yandex.ru)
- МАКСИМОВ Алексей Павлович аспирант кафедры радиосистем и обработки сигналов Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [apmaksimov@gmail.com](mailto:apmaksimov@gmail.com)
- МАЛИКОВ Альберт Валерьянович помощник начальника учебно-методического отдела Военной академии связи имени Маршала Советского Союза С. М. Буденного, [albert4331@yandex.ru](mailto:albert4331@yandex.ru)
- МАСЛОВА Екатерина Михайловна магистрант кафедры автоматизации предприятий связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [katyoshm@gmail.com](mailto:katyoshm@gmail.com)
- МАТЮХИНА Татьяна Владимировна кандидат технических наук, доцент кафедры конструирования и производства радиоэлектронных средств Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [tatjanavm@mail.ru](mailto:tatjanavm@mail.ru)
- МЕДВЕДЕВ Валерий Александрович кандидат технических наук, доцент кафедры безопасности информационных систем Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [medvedev.spb@list.ru](mailto:medvedev.spb@list.ru)

- 
- МЕДВЕДЕВ  
Иван Владимирович магистрант кафедры информационных управляющих систем Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [ivvlme@mail.ru](mailto:ivvlme@mail.ru)
- МИХАЙЛИЧЕНКО  
Николай Валерьевич адъюнкт кафедры автоматизированных систем Военной академии связи имени Маршала Советского Союза С. М. Буденного, [23esn2008@rambler.ru](mailto:23esn2008@rambler.ru)
- МИХАЛЕВ  
Олег Александрович кандидат технических наук, начальник научно-исследовательского отдела научно-исследовательского центра Военной академии связи имени Маршала Советского Союза С. М. Буденного, [olemihalev@yandex.ru](mailto:olemihalev@yandex.ru)
- МИХАЛЬЧЕНКО  
Даниил Игоревич младший научный сотрудник лаборатории автономных робототехнических систем Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации Российской академии наук, [osnechlahim@mail.ru](mailto:osnechlahim@mail.ru)
- МОСКАЛЁВА  
Валерия Дмитриевна студентка Санкт-Петербургского государственного университета, [lera.mosk@gmail.com](mailto:lera.mosk@gmail.com)
- НЕЖИНСКИЙ  
Виталий Владимирович аспирант кафедры информационных управляющих систем Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [seekerofconfessor@gmail.com](mailto:seekerofconfessor@gmail.com)
- НИКИТИН  
Павел Игоревич магистрант кафедры информационных управляющих систем Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [nikitin\\_pasha95@live.ru](mailto:nikitin_pasha95@live.ru)
- НИКИТИН  
Юрий Александрович кандидат технических наук, старший научный сотрудник, доцент кафедры электроники и схемотехники Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [yuriyan@list.ru](mailto:yuriyan@list.ru)
- НОВАК  
Юрий Дмитриевич старший оператор научной роты Военной академии связи имени Маршала Советского Союза С. М. Буденного, [novyra@gmail.com](mailto:novyra@gmail.com)
- ОСИПЕНКО  
Михаил Михайлович студент Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [osipenko-mihail@mail.ru](mailto:osipenko-mihail@mail.ru)

- 
- ПАВЛОВА Валерия Анатольевна кандидат технических наук, заместитель директора научно-производственного комплекса робототехнических систем специального назначения по НИОКР, директор Центра средств интеллектуальной обработки изображений в РТС СН АО «Научно-производственное предприятие «Авиационная и морская электроника»,  
[pavlova@nppame.ru](mailto:pavlova@nppame.ru)
- ПАРАЦУК Игорь Борисович Заслуженный изобретатель РФ, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры автоматизированных систем Военной академии связи имени Маршала Советского Союза С.М. Буденного,  
[shchuk@rambler.ru](mailto:shchuk@rambler.ru)
- ПЕТРЕНКО Михаил Игоревич магистрант Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики,  
[mishany11@mail.ru](mailto:mishany11@mail.ru)
- ПЛЕТНЕВ Ярослав Андреевич студент Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [myaso1462@gmail.com](mailto:myaso1462@gmail.com)
- ПОКРОВСКИЙ Никита Алексеевич магистрант кафедры электроники и схемотехники Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,  
[Nick-Pokrovskiy@yandex.ru](mailto:Nick-Pokrovskiy@yandex.ru)
- ПОКУСОВ Виктор Владимирович аспирант кафедры прикладной математики и информационных технологий Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России,  
[konstantin.izrailov@mail.ru](mailto:konstantin.izrailov@mail.ru)
- ПОЛЯЧКОВ Александр Александрович старший оператор научной роты Военной академии связи имени Маршала Советского Союза С. М. Буденного,  
[polyachkov.sml@mail.ru](mailto:polyachkov.sml@mail.ru)
- ПРЯЛУХИН Дмитрий Сергеевич магистрант кафедры электроники и схемотехники Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,  
[d.pryalukhin@ya.ru](mailto:d.pryalukhin@ya.ru)
- ПТИЦЫНА Лариса Константиновна доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой информационных управляющих систем Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,  
[ptitsina\\_lk@inbox.ru](mailto:ptitsina_lk@inbox.ru)

- 
- ПУСТЫЛЬНИКОВ Леонид Моисеевич доктор технических наук, профессор, консультант кафедры информационных управляющих систем Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [poulm@freenet.de](mailto:poulm@freenet.de)
- РАСПОПОВ Дмитрий Андреевич магистрант кафедры информационных управляющих систем Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [laderx@gmail.com](mailto:laderx@gmail.com)
- РАХИМОВ Назар Евгеньевич слушатель специального факультета Военной академии связи имени маршала Советского Союза С. М. Буденного, [lsn2606@mail.ru](mailto:lsn2606@mail.ru)
- РЕБКОВЕЦ Елена Сергеевна студентка группы ИСТ-511м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [lenarebkovec@mail.ru](mailto:lenarebkovec@mail.ru)
- РОГАЧЕВ Виктор Алексеевич кандидат технических наук, доцент кафедры информационных управляющих систем Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [nikitin\\_pasha95@live.ru](mailto:nikitin_pasha95@live.ru)
- РОГОЗИНСКИЙ Глеб Гендрихович кандидат технических наук, руководитель направления аудиотехнологий НОЦ «Медиацентр» Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, [gleb.rogozinsky@gmail.com](mailto:gleb.rogozinsky@gmail.com)
- РЫБАЛКО Илья Андреевич магистрант кафедры электроники и схемотехники Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [rybalko94ia@gmail.com](mailto:rybalko94ia@gmail.com)
- РЫНГАЧ Екатерина Владимировна старший преподаватель кафедры электроники и схемотехники Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [korneva\\_ev\\_spb@mail.ru](mailto:korneva_ev_spb@mail.ru)
- САБИНИН Олег Юрьевич кандидат технических наук, доцент кафедры компьютерные интеллектуальные технологии Института компьютерных наук и технологий Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, [olegsabinin@mail.ru](mailto:olegsabinin@mail.ru)

- 
- САЕНКО Игорь Борисович доктор технических наук, профессор кафедры автоматизированных систем (специального назначения) Военной академии связи имени Маршала Советского Союза С. М. Буденного,  
[ibsaen@mail.ru](mailto:ibsaen@mail.ru)
- САЯРКИН Леонид Андреевич курсант факультета автоматизированных систем Военной академии связи имени Маршала Советского Союза С. М. Буденного,  
[shchuk@rambler.ru](mailto:shchuk@rambler.ru)
- СЕДЫШЕВ Эрнест Юрьевич кандидат технических наук, доцент кафедры электроники и схемотехники Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,  
[laboratoria-mw@yandex.ru](mailto:laboratoria-mw@yandex.ru)
- СЕЛИВЕРСТОВ Лев Александрович магистрант кафедры электроники и схемотехники Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,  
[levseliverstov@bk.ru](mailto:levseliverstov@bk.ru)
- СЕНЧЕНОК Валентина Александровна старший преподаватель кафедры конструирования и производства радиоэлектронных средств Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,  
[valentinaas@mail.ru](mailto:valentinaas@mail.ru)
- СЕРГЕЕВ Валерий Варламович доктор технических наук, профессор кафедры теории электрических цепей и связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,  
[vsergv43@mail.ru](mailto:vsergv43@mail.ru)
- СИГАЕВ Александр Вячеславович студент Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [sigaev.aleksandr.v@yandex.ru](mailto:sigaev.aleksandr.v@yandex.ru)
- СИКОРА Глеб Романович магистрант кафедры электроники и схемотехники Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,  
[sikator94@gmail.com](mailto:sikator94@gmail.com)
- СМИРНОВ Василий Сергеевич кандидат технических наук, доцент кафедры электроники и схемотехники Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,  
[vsmirn@ya.ru](mailto:vsmirn@ya.ru)

- 
- СМИРНОВА** Полина Владимировна магистрант кафедры информационных управляющих систем Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [smirnova-polina-vladimirovna@mail.ru](mailto:smirnova-polina-vladimirovna@mail.ru)
- СОКОЛОВА** Ксения Вадимовна студентка группы ИСТ-611м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [sokolova.bonch@gmail.com](mailto:sokolova.bonch@gmail.com)
- СОСНОВСКИХ** Александр Михайлович аспирант кафедры информатики и компьютерного дизайна Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [sosnovskikh.am@yandex.ru](mailto:sosnovskikh.am@yandex.ru)
- СОТЕНКО** Сергей Михайлович кандидат технических наук, доцент кафедры конструирования и производства радиоэлектронных средств Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [sotenkosm@yandex.ru](mailto:sotenkosm@yandex.ru)
- СОТНИКОВ** Александр Дмитриевич доктор технических наук, профессор кафедры информационных технологий в экономике Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [adsotnikov@mail.ru](mailto:adsotnikov@mail.ru)
- СТРУЕВ** Дмитрий Александрович сотрудник Управления информационно-телекоммуникационного обеспечения Службы специальной связи и информации Федеральной службы охраны Российской Федерации, [dima-orel86@mail.ru](mailto:dima-orel86@mail.ru)
- ТАРАСОВ** Владимир Анатольевич старший преподаватель кафедры информационных управляющих систем Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [vat-liquidator@bk.ru](mailto:vat-liquidator@bk.ru)
- ТАРЛЫКОВ** Алексей Владимирович начальник научно-образовательного центра «Лаборатория программирования» Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [atarlykov@gmail.com](mailto:atarlykov@gmail.com)
- ТКАЧЕНКО** Владимир Владиславович курсант факультета автоматизированных систем Военной академии связи имени Маршала Советского Союза С. М. Буденного, [shchuk@rambler.ru](mailto:shchuk@rambler.ru)

- 
- ТРИФАНОВ Максим Алексеевич сотрудник научно-образовательного центра «Технологии информационных и образовательных систем» Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [leimaxs@gmail.com](mailto:leimaxs@gmail.com)
- ТРОФИМЕЦ Анастасия Валерьевна кадет Кадетского пожарно-спасательного корпуса Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России, [ezemifort@inbox.ru](mailto:ezemifort@inbox.ru)
- ТРОФИМЕЦ Елена Николаевна кандидат педагогических наук, доцент кафедры высшей математики и системного моделирования сложных процессов Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России, [ezemifort@inbox.ru](mailto:ezemifort@inbox.ru)
- ТРОФИМОВ Анатолий Владимирович магистрант кафедры информационных управляющих систем Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, [llomyy@gmail.com](mailto:llomyy@gmail.com)
- ТУПИКОВ Владимир Алексеевич доктор технических наук, профессор, заместитель генерального директора, директор научно-производственного комплекса робототехнических систем специального назначения АО «Научно-производственное предприятие «Авиационная и морская электроника», [tupikov@nppame.ru](mailto:tupikov@nppame.ru)
- ТУРУШЕВА Валерия Алексеевна студентка группы ИСТ-611м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [leraturusheva@gmail.com](mailto:leraturusheva@gmail.com)
- УШАКОВ Игорь Александрович старший преподаватель кафедры защищенных систем связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [ushakovia@gmail.com](mailto:ushakovia@gmail.com)
- ФЕДОРЧЕНКО Андрей Владимирович аспирант, младший научный сотрудник Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации Российской академии наук, [fedorchenko@comsec.spb.ru](mailto:fedorchenko@comsec.spb.ru)
- ФИЛИН Владимир Алексеевич доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой электроники и схемотехники Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [filin\\_vladimir@mail.ru](mailto:filin_vladimir@mail.ru)

- 
- ФИЛИППОВ** кандидат технических наук, старший научный  
Феликс Васильевич сотрудник, доцент кафедры информационных  
управляющих систем Санкт-Петербургского  
государственного университета телекоммуникаций  
им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [9000096@mail.ru](mailto:9000096@mail.ru)
- ХИЛЬКО** кандидат технических наук, доцент кафедры  
Валерий Олегович автоматизированных систем специального назначения  
Военной академии связи имени Маршала Советского  
Союза С. М. Буденного, [valebob@mail.ru](mailto:valebob@mail.ru)
- ХРОМЕНКОВ** магистрант кафедры информационных управляющих  
Сергей Викторович систем Санкт-Петербургского государственного  
университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-  
Бруевича, [khromenkov\\_sergejj@mail.ru](mailto:khromenkov_sergejj@mail.ru)
- ЧЕРНОШЕЙ** магистрант кафедры информационных управляющих  
Дмитрий Вадимович систем Санкт-Петербургского государственного  
университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-  
Бруевич, [nypdpro@rambler.ru](mailto:nypdpro@rambler.ru)
- ЧЕЧУЛИН** кандидат технических наук, доцент кафедры  
Андрей Алексеевич защищенных систем связи Санкт-Петербургского  
государственного университета телекоммуникаций  
им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, старший научный  
сотрудник Санкт-Петербургского института  
информатики и автоматизации Российской академии  
наук, [chchulin@comsec.spb.ru](mailto:chchulin@comsec.spb.ru)
- ЧИРОВИЧ** магистрант кафедры информационных технологий  
Анастасия Андреевна в экономике Санкт-Петербургского государственного  
университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-  
Бруевича, [nastya-gubskaya@mail.ru](mailto:nastya-gubskaya@mail.ru)
- ЧУРНОСОВ** доктор биологических наук, профессор кафедры  
Евгений Владимирович автоматизации предприятий связи Санкт-  
Петербургского государственного университета  
телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,  
[evg.vlad@mail.ru](mailto:evg.vlad@mail.ru)
- ШЕХОВЦОВ** кандидат технических наук, доцент Санкт-  
Олег Иванович Петербургского государственного университета  
телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,  
[clarahena@mail.ru](mailto:clarahena@mail.ru)
- ШОРОХОВ** магистрант кафедры технологии приборостроения  
Сергей Александрович Санкт-Петербургского научно-исследовательского  
университета информационных технологий, механики  
и оптики, [stratumxspb@gmail.com](mailto:stratumxspb@gmail.com)

ЭЛЬСАБАЯР ШЕВЧЕНКО  
Нидал  
Магистрант кафедры информационных управляющих систем Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [nzs.vus@gmail.com](mailto:nzs.vus@gmail.com)

ЮРОВА  
Валентина Александровна  
кандидат физико-математических наук, доцент кафедры электроники и схемотехники Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [va-yurova@mail.ru](mailto:va-yurova@mail.ru)

ЯКОВЛЕВ  
Игорь Викторович  
студент группы ИСТ-511м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [iropb@gmail.com](mailto:iropb@gmail.com)

## АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Аверкова А. С. 4  
Аверченков Р. А. 9  
Авраменко В. С. 13  
Акимов С. В. 18, 23, 26  
Алексеев А. Г. 394, 397, 401, 405, 409  
Андрианова Е. Е. 31  
Антонов В. В. 36, 39  
Арзуманян Ю. В. 43  
Афанасьев М. Я. 47  
Ахметов Р. Р. 414  
Базина Н. А. 50  
Басов О. О. 54  
Башлаев Р. Г. 59, 64  
Беденков В. Н. 13  
Безъязыкова Т. Г. 417  
Белов М. П. 69  
Белоус К. В. 73  
Бирюков М. А. 78, 83  
Бобрешов-Шишов Д. И. 13  
Богданов А. В. 421  
Бондаренко В. А. 88, 93  
Бочаров Е. И. 426, 431  
Брунилин А. А. 78, 83  
Булатова И. А. 436  
Булыгин Г. А. 97, 101  
Ваганов А. В. 104, 109, 114, 118  
Вахрушев Д. О. 122  
Верхова Г. В. 18, 23, 26  
Волкогонов В. Н. 126  
Волошинов Д. В. 130, 133  
Вольфсон М. Б. 43  
Востоков Е. В. 137  
Гаврилов Д. К. 145  
Гадасина Л. В. 50  
Ганбаев А. А. 441, 445  
Ганин П. А. 148, 153, 157,  
Гвоздков И. В. 160  
Гираева А. В. 167  
Головин А. Н. 450  
Голутвина Ю. А. 171  
Губин А. Н. 180, 183, 187, 192  
Гуринова Т. Д. 196  
Гусев Д. С. 201  
Гущин А. В. 204  
Гянджиев Э. Э. 130  
Давыдова Е. В. 73, 97, 101  
Дойникова Е. В. 209  
Долгун В. О. 214  
Егоров Е. Ю. 217  
Ершов А. В. 222  
Захаров А. А. 43  
Золотов О. И. 226, 229, 233  
Зяблицев Е. В. 236  
Иванов В. Г. 59, 64  
Ивин А. Г. 243  
Игнатова Н. А. 248  
Израилов К. Е. 255  
Иксанов А. В. 261  
Каляшов Е. В. 9  
Капитонов Н. С. 264  
Каплинский Г. Э. 88, 93  
Карпов Д. А. 222  
Карповцева И. Ю. 226  
Кожанов Ю. Ф. 160  
Козлова Л. П. 145, 261, 267, 270  
Козлова О. А. 273  
Козорез П. Ю. 222  
Колесникова Ю. А. 126  
Кондратьев Д. А. 277  
Короткова М. И. 282  
Корякин Д. Д. 59, 64  
Котенко И. В. 286  
Котлова М. В. 291  
Котов В. И. 485  
Котяшичев И. А. 421  
Красов А. В. 295  
Кривцов А. Н. 301  
Круглова С. А. 180  
Кружалин А. Д. 306  
Крылова А. А. 47  
Кубалова А. Р. 454  
Кушнеревич А. Г. 286

- Кходер Х. 18  
Ланда А. Э. 460  
Лебедева А. А. 310  
Левкин А. С. 314  
Летовальцева А. С. 229  
Литвинов В. Л. 183, 187, 192, 196, 204,  
214, 282, 317, 321, 325  
Лобанов С. Н. 236  
Лосин Е. П. 295  
Макаренков К. Е. 130  
Максимов А. П. 454  
Маликов А. В. 13  
Маслова Е. М. 114  
Матюхина Т. В. 417  
Медведев В. А. 328  
Медведев И. В. 333  
Михайличенко Н. В. 338  
Михалев О. А. 148, 153, 157  
Михальченко Д. И. 243  
Москалёва В. Д. 301  
Нежинский В. В. 343  
Никитин П. И. 347  
Никитин Ю. А. 463, 468  
Новак Ю. Д. 148, 153  
Осипенко М. М. 23  
Павлова В. А. 88, 93  
Парашук И. Б. 338  
Петренко М. И. 148, 153, 157, 421  
Плетнев Я. А. 23  
Покровский Н. А. 472  
Покусов В. В. 255  
Полячков А. А. 59, 64  
Прялухин Д. С. 441  
Птицына Л. К. 122, 167, 171, 201, 217, 277,  
291, 310, 333, 343, 351, 355, 360, 363  
Пустыльников Л. М. 233  
Распопов Д. А. 69  
Рахимов Н. Е. 236  
Ребковец Е. С. 317, 321  
Рогачев В. А. 347  
Рогозинский Г. Г. 367  
Рыбалко И. А. 426  
Рынгач Е. В. 431  
Сабинин О. Ю. 31  
Саенко И. Б. 78, 83, 286  
Саяркин Л. А. 338  
Седышев Э. Ю. 414, 426, 431, 436, 472  
Селиверстов Л. А. 394, 397, 426  
Сенченко В. А. 417  
Сергеев В. В. 477  
Сигаев А. В. 118  
Сикора Г. Р. 426  
Смирнов В. С. 450  
Смирнова П. В. 355  
Соколова К. В. 325  
Сосновских А. М. 133  
Сотенко С. М. 417  
Сотников А. Д. 43, 367  
Струев Д. А. 54  
Тарасов В. А. 372, 377  
Тарлыков А. В. 9  
Ткаченко В. В. 338  
Трифанов М. А. 133  
Трофимец А. В. 306  
Трофимец Е. Н. 4, 306  
Трофимов А. В. 267  
Тупиков В. А. 88, 93  
Турушева В. А. 183  
Ушаков И. А. 295  
Федорченко А. В. 209  
Филин В. А. 401, 441, 445, 481  
Филиппов Ф. В. 183, 187, 192, 264  
Хилько В. О. 314  
Хроменков С. В. 360  
Черношей Д. В. 363  
Чечулин А. А. 209, 286  
Чирович А. А. 485  
Чурносоев Е. В. 382  
Шеховцов О. И. 388  
Шорохов С. А. 47  
Эльсабаяр Шевченко Н. 277  
Юрова В. А. 405, 409, 468  
Яковлев И. В. 317, 321