

№ 5 (115) сентябрь-октябрь 2019

Издается с 2002 года. Выходит 6 раз в год

Учредитель – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева» (ОГУ имени И.С. Тургенева)

Редакционный совет

Пилипенко О.В., председатель
Голенков В.А., Радченко С.Ю.,
Пузанкова Е.Н., заместители председателя
Борзенков М.И., секретарь

Астафичев П.А., Авдеев Ф.С., Желтикова И.В.,
Зомитева Г.М., Иванова Т.Н., Колчунов В.И.,
Константинов И.С., Коськин А.В., Новиков А.Н.,
Попова Л.В., Уварова В.И.

Главный редактор

Константинов И.С.

Редколлегия

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

*Сдано в набор 15.08.2019 г.
Подписано в печать 26.08.2019 г.
Дата выхода в свет 09.09.2019 г.
Формат 60x88 1/8.*

*Усл. печ. л. 7,5. Тираж 300 экз.
Цена свободная
Заказ №*

*Отпечатано с готового оригинал-макета
на полиграфической базе
ФГБОУ ВО «ОГУ им. И.С. Тургенева»
302026, г. Орел, ул. Комсомольская, 95*

*Подписной индекс 15998
по объединенному каталогу
«Пресса России»*

**Материалы статей печатаются в авторской редакции.
Право использования произведений предоставлено
авторами на основании п. 2 ст. 1286 Четвертой части
ГК РФ.**

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

Рубрики номера

1. Математическое и компьютерное моделирование.....5-17
2. Информационные технологии в социально-экономических и организационно-технических системах18-58
3. Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами.....59-66
4. Математическое и программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем.....67-74
5. Телекоммуникационные системы и компьютерные сети.....75-117

Редакция

Н.Ю. Федорова
А.А. Митин

Адрес учредителя журнала

302026, г. Орел, ул. Комсомольская, 95
(4862) 75-13-18; www.oreluniver.ru;
E-mail: info@oreluniver.ru

Адрес редакции

302020, г. Орел, Нагорское шоссе, 40
(4862) 43-49-56; www.oreluniver.ru;
E-mail: Fedorovanat57@mail.ru

Зарег. в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.
Св-во о регистрации средства массовой информации ПИ №ФС 77-67168
от 16 сентября 2016 г.

© ОГУ имени И.С. Тургенева, 2019

Editorial council

Pilipenko O.V., president
Golenkov V.A., Radchenko S.Y.,
Puzankova E.N., vice-presidents
Borzenkov M.I., secretary

Astafichev P.A., Avdeev F.S., Zheltikova I.V.,
Zomiteva G.M., Ivanova T.N., Kolchunov V.I.,
Konstantinov I.S., Koskin A.V., Novikov A.N.,
Popova L.V., Uvarova V.I.

Editor-in-chief

Konstantinov I.S.

Editorial board

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

It is sent to the printer's on 15.08.2019

26.08.2019 is put to bed

Date of publication 09.09.2019

Format 60x88 1/8.

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

Free price

The order №

*It is printed from a ready dummy layout
on polygraphic base of Orel State University
302026, Orel, Komsomolskaya street, 95*

Index on the catalogue

«Pressa Rossii» 15998

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

In this number

1. Mathematical and computer simulation.....5-17
2. Information technologies in social and economic and organizational-technical systems.....18-58
3. Automation and control of technological processes and manufactures59-66
4. Software of the computer facilities and the automated systems.....67-74
5. Telecommunication systems and computer networks.....75-117

The editors

Fedorova N.Yu.
Mitin A.A.

The address of the founder of journal

302026, Orel, Komsomolskaya street, 95
(4862) 75-13-18; www. www.oreluniver.ru;
E-mail: info@oreluniver.ru

The address of the editorial office

302020, Orel, Highway Naugorskoe, 40
(4862) 43-49-56; www.oreluniver.ru;
E-mail: Fedorovanat57@mail.ru

*Journal is registered in Federal Service for
Supervision in the Sphere of Telecom, Information
Technologies and Mass Communications.*

*The certificate of registration
ПН №ФС 77-67168 от 16 сентября 2016 г.*

© Orel State University, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Р.Г. АСАДУЛЛАЕВ, В.И. ЛОМАЗОВА, В.В. ЛОМАКИН

Препроцессинг данных при прогнозировании сроков окончания этапов реализации проекта информационной системы5-9

Я.Н. ГУСЕНИЦА

Имитационно-аналитическая модель надежности программного обеспечения.....10-17

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ И ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

*А.В. АВЕРЧЕНКОВ, В.И. АВЕРЧЕНКОВ, А.Д. БАРИНОВА, М.А. БАРИНОВ, Т.М. ГЕРАЩЕНКОВА,
А.А. КУЗЬМЕНКО*

Методика к диагностике результатов управления инновационным развитием социально-экономических систем.....18-26

С.В. БАЖАНОВА, И.Н. КУРИЛО

Формирование системы управления контентом27-34

В.Н. ВОЛКОВ, И.С. КОНСТАНТИНОВ, А.А. СТЫЧУК, И.С. СТЫЧУК, С.В. ТЕРЕНТЬЕВ

Структура системы обеспечения функционирования облачных систем хранения и обработки больших данных для реализации электронных услуг населению.....35-42

В.Ю. КАРА-УШАНОВ, Б.Г. ШОКИРОВ

Информационная система управления научными публикациями в научно-практическом медицинском центре «Бонум».....43-48

И.В. ЛИЦУК, Д.А. САВКИН

Использование современных программных продуктов в центрах взаимодействия граждан.....49-53

А.Б. НЕЧАЕВА, Д.С. НОВИКОВА, В.Ю. ПРЕСНЕЦОВА, Е.А. СУРОВА

Аналитический обзор информационных систем дистанционного взаимодействия врача и пациента.....54-58

АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ

А.В. ГРЕЧЕНЕВА, Н.В. ДОРОФЕЕВ, В.Т. ЕРЕМЕНКО, О.Р. КУЗИЧКИН, Р.В. РОМАНОВ

Алгоритмы автоматизированного позиционирования в системе инклинометрического контроля при геотехническом мониторинге.....59-66

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ

П.А. ЛОМОВ

Технология поддержки формирования модели факта в задачах извлечения фактов из текстов.....67-74

ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ СЕТИ

Ал. С. БЕЛОВ, Ан. С. БЕЛОВ, С.П. БЕЛОВ, А.В. КОСЬКИН, С.И. МАТОРИН, С.А. РАЧИНСКИЙ

Метод цикловой синхронизации спутниковых систем связи75-83

А.Б. БАСУКИНСКИЙ, Ю.А. БЕЛЕВСКАЯ, А.П. ФИСУН

Выбор способа оценки технико-экономической эффективности средств радиоконтроля и мониторинга сетей связи, средств массовой информации и массовых коммуникаций, информационно-телекоммуникационных сетей.....84-92

А.А. БЕЛОВ, Ю.А. КРОПОТОВ, А.Ю. ПРОСКУРЯКОВ, Н.Е. ХОЛКИНА

Моделирование сигналов в телекоммуникациях аудиообмен в условиях акустических помех.....93-102

С.В. ДМИТРИЕВ, О.В. ПЛЫГУНОВ, Д.С. ЦАРЕВ, М.С. ЦАРЕВ

Решение задачи поиска равновесного состояния сети при распределении разнородных потоков в режиме «МНОГОТОЧКА-МНОГОТОЧКА».....103-112

Г.А. ЕРМИШИН, А.С. КОСУХИН, С.А. МАТВЕЕВ, В.М. МИРОНОВ

Эволюция VSAT с динамическим режимом распределения частотного ресурса.....113-117

CONTENT

MATHEMATICAL AND COMPUTER SIMULATION

- R.G. ASADULLAEV, V.I. LOMAZOVA, V.V. LOMAKIN*
Data pre-processing for deadline prediction of information system project implementation.....5-9
- Ya.N. GUSENICA*
Simulation-analytical model for software reliability.....10-17

INFORMATION TECHNOLOGIES IN SOCIAL AND ECONOMIC AND ORGANIZATIONAL-TECHNICAL SYSTEMS

- A.V. AVERChENKOV, V.I. AVERChENKOV, A.D. BARINOVA, M.A. BARINOV, T.M. GERAShhENKOVA, A.A. KUZ'MENKO*
Technique for diagnostics of the results of the management of innovative development of socio-economic systems.....18-26
- S.V. BAZhANOVA, I.N. KURILO*
The formation of a content management system.....27-34
- V.N. VOLKOV, I.S. KONSTANTINOV, A.A. STY'ChUK, I.S. STY'ChUK, S.V. TERENT'EV*
Structure of the system of ensuring functioning of cloud systems of storage and processing of the big data for realization of electronic services to the population.....35-42
- V.Yu. KARA-UShANOV, B.G. ShOKIROV*
Information system of management of scientific publications in scientific-practical medical center «Bonum».....43-48
- I.V. LIShhUK, D.A. SAVKIN*
The use of modern software products in centers of interaction with citizens.....49-53
- A.B. NEChAEVA, D.S. NOVIKOVA, V.Yu. PRESNECOVA, E.A. SUROVA*
Analytical review of information systems of remote interaction of doctor and patient.....54-58

AUTOMATION AND CONTROL OF TECHNOLOGICAL PROCESSES AND MANUFACTURES

- A.V. GREChENEVA, N.V. DOROFEEV, V.T. ERYoMENKO, O.R. KUZICHKIN, R.V. ROMANOV*
Algorithms of automated positioning in the system of goniometric control under geotechnical monitoring.....59-66

SOFTWARE OF THE COMPUTER FACILITIES AND THE AUTOMATED SYSTEMS

- P.A. LOMOV*
Technology for support the fact model formation in the context of fact extraction problem.....67-74

TELECOMMUNICATION SYSTEMS AND COMPUTER NETWORKS

- Al.S. BELOV, An.S. BELOV, S.P. BELOV, A.V. KOS'KIN, S.I. MATORIN, S.A. RACHINSKIJ*
Method of cyclic synchronization of satellite communication systems.....75-83
- A.B. BAKUSINSKIJ, Yu.A. BELEVSKAYa, A.P. FISUN*
The choice of a method for assessing the technical and economic efficiency of radio monitoring and monitoring of communication networks, media and mass communications, information and telecommunication networks84-92
- A.A. BELOV, Yu.A. KROPOTOV, A.Yu. PROSKURYaKOV, N.E. XOLKINA*
Modeling of signals in telecommunications audiosharing in terms of acoustic noise.....93-102
- S.V. DMITRIEV, O.V. PLY'GUNOV, D.S. CARYoV, M.S. CARYoV*
The solution to the problem of finding the equilibrium state of the network at the distribution of heterogeneous flows in «MULTIPOINT-TO-MULTIPOINT».....103-112
- G.A. ERMISHIN, A.S. KOSUXIN, S.A. MATVEEV, V. M. MIRONOV*
Evolution VSAT with frequency resource dynamic allocation.....113-117

Р.Г. АСАДУЛЛАЕВ, В.И. ЛОМАЗОВА, В.В. ЛОМАКИН

**ПРЕПРОЦЕССИНГ ДАННЫХ ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ
СРОКОВ ОКОНЧАНИЯ ЭТАПОВ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТА
ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ**

В работе представлены результаты по подготовке данных для построения модели машинного обучения, позволяющей прогнозировать дату окончания проекта по разработке информационной системы. Описано преобразование качественных данных к векторной форме, а также формирование векторов из данных типа дата. В качестве предикторов определены даты начала, планового и фактического окончания работ как по проекту в целом, так и по процессам и задачам в отдельности, тип задачи, количественный и качественный состав исполнителей.

Ключевые слова: *предобработка данных; управление проектом; машинное обучение; прогнозирование; информационная система.*

Успешная реализация проекта по разработке и внедрению информационной системы во многом зависит от руководителя проекта. В зону ответственности руководителя входит формирование команды, управление сроками реализации проекта, разрешение проблемных ситуаций и другие задачи, направленные на повышение эффективности рабочего процесса. Своевременная оценка проектных рисков является неотъемлемой частью работ руководителя проекта. Разрабатываются специализированные средства оценки проектных рисков [1]. Одной из наиболее сложных задач является определение сроков завершения проекта в целом и отдельных блоков работ в частности. Возможность оценки сроков реализации проекта позволит руководителю принимать своевременные управляющие воздействия, направленные на ликвидацию прогнозируемых срывов планируемых дат окончания работ. Прогноз на начальных этапах реализации проекта позволит внести корректировки, например, в состав коллектива, если выявится предварительная оценка, демонстрирующая значительный срыв плановых показателей по датам.

К настоящему времени разработаны различные методы прогнозирования, как для одномерных, так и для многомерных временных рядов. Проблема методов прогнозирования временных рядов заключается в том факте, что чем дальше в будущее прогноз, тем менее точные результаты выдает модель. Этому факту имеется множество объяснений, в частности, смена «поведения» ряда. С одной стороны, проект по разработке информационной системы можно развернуть во временной шкале от этапа предварительного сбора и систематизации информации о предстоящих работах до этапа завершения работ. В данном случае, проект можно представить в виде временного ряда и осуществлять прогноз. Однако реализация крупных проектов измеряется годами и достоверность прогнозов будет малозначимой. С другой стороны, прогноз сроков реализации проекта можно представить в зависимости от множества предикторов, которые оказывают существенное влияние на своевременность завершения отдельных этапов работ. С учетом данного обстоятельства и наличием завершенных проектов, по которым велась регистрация выполнения всех этапов работ, возможна разработка модели прогнозирования дат завершения проекта.

Одним из перспективных направлений в прогнозировании являются нейронные сети глубокого обучения. Нейронные сети обладают обобщающей способностью, позволяющей формировать набор признаков для формирования верного предсказания по значениям входных предикторов [2]. Помимо подбора архитектуры нейронной сети и параметров, важным этапом является представление обучающей выборки в виде, пригодном для обучения сети. Настоящая работа посвящена описанию процесса подготовки данных для системы прогнозирования даты окончания проекта.

В работе [3] проведена систематизация функционала комплекса средств высокоуровневой разработки. Результатом систематизации стало теоретико-множественное представление компонент и блоков функций интегрированного комплекса, позволяющее строить бинарные отношения и осуществлять мониторинг процесса реализации проекта по разработке информационной системы. Также приведена схема связи компонент и функциональных блоков интегрированного комплекса средств высокоуровневой разработки и среды функционирования информационных систем корпоративного уровня. С точки зрения управления проектом, представленная формализация позволяет декомпозировать проект на самостоятельные этапы работ различного объема.

В основу разрабатываемых средств положена интегрированная модель поддержки жизненного цикла проектов автоматизированных систем [4]. Данная модель обладает гибкостью с точки зрения адаптации под различный состав этапов и процессов с учетом специфики организации процесса разработки исполнителем. Здесь же приводится схема базы данных, позволяющая хранить все необходимые данные о ходе реализации проекта, на базе которой возможно формирование отчетных материалов в зависимости от текущей потребности.

Источником данных для разработки модели прогнозирования сроков окончания выполнения проекта является база данных, в которой учитывается полная информация о проекте и ходе его выполнения. Таким образом, выгруженные сведения о проектах можно разбить на две категории: проекты для обучения (закрытые проекты) и проекты для тестирования и опытной эксплуатации модели (активные проекты). Результатом выгрузки данных из базы данных [4] является таблица 1, содержащая достаточную информацию о проекте для формирования обучающего набора данных.

Таблица 1 – Сводные данные по всем этапам работ над проектом

Id проекта	Дата начала проекта	Плановая дата окончания проекта	Фактическая дата окончания проекта	Id процесса	Дата инициации процесса	Плановая дата окончания процесса	Фактическая дата окончания процесса	Id задачи	Тип задачи	Дата инициации задачи	Плановая дата окончания задачи	Фактическая дата окончания задачи	Исполнитель задачи 1	Исполнитель задачи 2	Исполнитель задачи 3	Исполнитель задачи 4	Исполнитель задачи 5
------------	---------------------	---------------------------------	------------------------------------	-------------	-------------------------	----------------------------------	-------------------------------------	-----------	------------	-----------------------	--------------------------------	-----------------------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------

После выгрузки удаляются проекты с недостаточным объемом данных. Также проводится дополнительный анализ данных таблицы 1, например, проекты в которых отсутствует значительная часть зарегистрированных сведений о ходе реализации. При этом схожие задачи могут называться по-разному, в зависимости от специфики проекта и обязательно должны быть отнесены к типовым задачам, что позволяет сравнивать их по трудоемкости. Если же в проекте не осуществлена типизация задач, то проект также удаляется из обучающей выборки.

Из таблицы 1 видно, что все этапы работ, как и сам проект в целом характеризуются тремя датами: дата начала работ, плановая дата окончания работ и фактическая дата окончания работ. Необходимо перевести каждую дату в числовой формат. При этом введем две метрики для оценки периода относительно начала и длительности каждого этапа работ.

Введем признак N_{Dstart} , характеризующий расстояние каждой даты относительно начала выполнения проекта (1):

$$N_{Dstart} = DateTarget - DateBegin, \quad (1)$$

где $DateTarget$ – дата, до которой производится отсчет; $DateBegin$ – дата начала проекта.

Другими количественными признаками будут выступать количество запланированного N_{Plan} и фактического N_{Actual} времени на выполнение процессов и задач работ (2):

$$\begin{aligned} N_{Plan} &= PlannedEndDate - DateBegin, \\ N_{Actual} &= ActualEndDate - DateBegin, \end{aligned} \quad (2)$$

где $PlannedEndDate$ – плановая дата окончания работ по процессу либо задаче; $ActualEndDate$ – фактическая дата сдачи работ по процессу либо задаче; $DateBegin$ – дата начала работ по процессу либо задаче.

Каждый признак N_{Dstart} , N_{Plan} и N_{Actual} представляет собой число дней, которое необходимо нормировать к интервалу $[0..1]$.

Среднее время выполнения проекта $T_{project}$ может варьироваться в широких диапазонах в зависимости от многих факторов. Примем, что максимальное время прогноза может отличаться от среднего на два года, что обусловлено срывами сроков реализации отдельных этапов работ.

Таким образом, признак N_{Dstart} рассчитывается исходя из того, что в году 365 дней (3):

$$N_{DstartNorm} = \frac{N_{Dstart}}{(T_{project}+2)*365} \quad (3)$$

Признаки N_{Plan} и N_{Actual} отражают длительность выполнения работ по процессам и задачам. При этом временные периоды гораздо меньше года. В связи с этим вводятся максимально возможное время выполнения процесса $T_{process}$ и аналогичное время для задач T_{task} проекта, которые определяются исходя из опыта выполнения проектов. Нормирование признаков N_{Plan} и N_{Actual} осуществляется по формуле (4) с подстановкой соответствующих переменных:

$$N_{Norm} = \frac{N}{T_{pt}}, \quad (4)$$

где N_{Norm} – нормированная плановая или фактическая длительность выполнения процесса либо задачи; N – плановая или фактическая длительность выполнения процесса либо задачи; T_{pt} – максимальное статистическое время выполнения процесса $T_{process}$ либо задачи T_{task} .

Как говорилось выше, все задачи, выполняемые в рамках проекта, необходимо соотнести с определенным типом (тестирование, внедрение, подготовка документации и т.д.) в зависимости от трудоемкости. Тип задачи представляет собой признак, отражающий сложность задачи. Число типов задач формируется фиксированным набором. Для представления типа задачи в векторной форме можно поставить каждому типу задачи уникальное число. Проблема данного подхода в том, что типы задач в данном случае формируют евклидово пространство, и мы можем их сравнивать между собой. С целью устранения подобного не желательного эффекта предполагается применение one hot encoding [5], позволяющего уникально идентифицировать каждую задачу вектором размера равным числу задач, в котором лишь единственное значение имеет не нулевое значение.

На сроки реализации проекта оказывает влияние количественный и качественный состав группы разработки, которая может меняться в зависимости от этапа реализации процесса. Таким образом, необходимо каждого сотрудника организации, задействованного в реализации проектной деятельности, представить в векторной форме при помощи one hot encoding. При этом необходимо аналогичным образом закодировать квалификацию сотрудников. Следовательно, вектор, отражающий в метрическом пространстве сотрудника,

представляет собой конкатенацию персонального вектора сотрудника с вектором, отражающим его квалификацию.

Описанные в работе подходы к представлению исходных данных в векторной форме реализуются в модуле `preprocessing` библиотеки `sklearn` [5]. В зависимости от специфики работы организации могут быть добавлены дополнительные признаки. При этом стоит учитывать, что оценка истинной точности прогноза в реальных условиях затруднительна. Например, система сообщает руководителю о возможном срыве сроков реализации проекта. Руководитель анализирует сложившуюся ситуацию и вносит корректирующие воздействия, которые в результате меняют результат прогноза. Другим проблемным вопросом является текучесть кадров. Здесь сложность состоит в учете нового сотрудника в модели. Одним из возможных подходов к решению является соотнесение его с имеющимися сотрудниками и их квалификацией.

Таким образом, выделены наиболее важные признаки для построения модели оценки сроков окончания проекта. Проведена предобработка признаков проекта в форму, пригодную для обучения моделей машинного обучения. Сформулированы проблемы, связанные с точностью прогноза и текучестью кадров, учет которых позволит рационально оценивать результаты работы модели. Предложенные правила преобразования наборов данных можно использовать для построения моделей, осуществляющих прогнозирование сроков выполнения работ по отдельным этапам проекта.

Работа выполнена в рамках реализации комплексного проекта по созданию высокотехнологичного производства «Разработка методологии и инструментальных средств создания прикладных приложений, поддержки жизненного цикла информационно-технологического обеспечения и принятия решений для эффективного осуществления административно-управленческих процессов в рамках установленных полномочий», шифр «2017-218-09-187»; постановление Правительства Российской Федерации от 9 апреля 2010 г. № 218.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Асадуллаев Р.Г. и др. Разработка средств оценки проектных рисков при создании информационных систем для сферы государственных услуг / Р.Г. Асадуллаев, В.В. Ломакин, Н.П. Путивцева, О.С. Резниченко, Ю.Ю. Белоконь // Научно-технический вестник Поволжья: научный журнал. – Казань: Научно-технический вестник Поволжья, 2017. – №5. – С. 120-123.
2. Николенко С., Кадури А., Архангельская Е. Глубокое обучение. – СПб.: Питер, 2018. – 480 с.
3. Асадуллаев Р.Г. и др. Систематизация функционала комплекса средств высокоуровневой разработки / Р.Г. Асадуллаев, В.В. Ломакин, Е.В. Ильинская, Т.А. Лысакова, О.С. Резниченко // Научно-технический вестник Поволжья: научный журнал. – Казань: Научно-технический вестник Поволжья, 2018. – №11. – С. 185-188.
4. Асадуллаев Р.Г., Ломакин В.В. Интегрированная модель поддержки жизненного цикла проектов автоматизированных систем. – Научные ведомости Белгородского государственного университета: научный журнал. – Белгород: Издательский дом «Белгород», 2018. – № 2(45). – С. 322–332.
5. Scikit-learn [Электронный ресурс]. – URL: <https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.preprocessing.OneHotEncoder.html> (дата обращения: 4.05.2019).

Асадуллаев Рустам Геннадьевич

ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»,

г. Белгород

Кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной информатики и информационных технологий

Тел.: 8 (4722) 30-21-66

E-mail: asadullaev@bsu.edu.ru

Ломазова Валентина Ивановна

ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»,
г. Белгород
Кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной информатики и информационных технологий
Тел.: 8 (4722) 30-21-66
E-mail: lomazova@bsu.edu.ru

Ломакин Владимир Васильевич

ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»,
г. Белгород
Кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой прикладной информатики и информационных технологий
Тел.: 8 (4722) 30-12-94
E-mail: lomakin@bsu.edu.ru

R.G. ASADULLAEV (*Candidate of Engineering Sciences,
Associate Professor of Applied Informatics and Information Technologies*)

V.I. LOMAZOVA (*Candidate of Engineering Sciences,
Associate Professor of Applied Informatics and Information Technologies*)

V.V. LOMAKIN (*Candidate of Engineering Sciences,
Associate Professor, Head of Department of Applied Informatics and Information Technologies*)
Belgorod State National Research University, Belgorod

**DATA PRE-PROCESSING FOR DEADLINE PREDICTION
OF INFORMATION SYSTEM PROJECT IMPLEMENTATION**

The article presents the results of data preparation for creating a machine learning model, which will predict deadline of the information system project implementation. It is spoken in detail the process of converting qualitative data to a vector form, as well as the process of creating vectors from date-type data. The predictors are the project start dates, the planned and actual deadline of project as a whole, as well as for its individual sub-processes and tasks, the type of task, the quantitative and qualitative composition of the task performers.

Keywords: *data preprocessing; project management; machine learning; forecasting; information system.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Asadullaev R.G. i dr. Razrabotka sredstv ocenki proektnyh riskov pri sozdanii informacionnyh sistem dlya sfery gosudarstvennyh uslug / R.G. Asadullaev, V.V. Lomakin, N.P. Putivceva, O.S. Reznichenko, YU.YU. Belokon' // Nauchno-tehnicheskij vestnik Povolzh'ya: nauchnyj zhurnal. – Kazan': Nauchno-tehnicheskij vestnik Povolzh'ya, 2017. – №5. – S. 120-123.
2. Nikolenko S., Kadurin A., Arhangel'skaya E. Glubokoe obuchenie. – SPb.: Piter, 2018. – 480 s.
3. Asadullaev R.G. i dr. Sistemizatsiya funktsionala kompleksa sredstv vysokourovnevoj razrabotki / R.G. Asadullaev, V.V. Lomakin, E.V. Il'inskaya, T.A. Lysakova, O.S. Reznichenko // Nauchno-tehnicheskij vestnik Povolzh'ya: nauchnyj zhurnal. – Kazan': Nauchno-tehnicheskij vestnik Povolzh'ya, 2018. – №11. – S. 185-188.
4. Asadullaev R.G., Lomakin V.V. Integrirovannaya model' podderzhki zhiznennogo cikla proektov avtomatizirovannyh sistem. – Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta: nauchnyj zhurnal. – Belgorod: Izdatel'skij dom «Belgorod», 2018. – № 2(45). – S. 322–332.
5. Scikit-learn [Elektronnyj resurs]. – URL: <https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.preprocessing.OneHotEncoder.html> (data obrashcheniya: 4.05.2019).

ИМИТАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ НАДЕЖНОСТИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

В работе представлена имитационно-аналитическая модель надежности программного обеспечения. Данная модель учитывает различные типы программных ошибок, что позволяет ее использовать для оценивания надежности программного обеспечения с достаточной точностью.

Ключевые слова: программное обеспечение; модель надежности; программные ошибки; редующий поток.

Современный этап развития общества характеризуется активным использованием робототехники и интеллектуальных процессов, созданием и интеграцией информационных и телекоммуникационных систем различного назначения в единое информационное пространство. И уже сейчас не существует такой области науки и техники, такой сферы практической деятельности людей, таких систем, где одним из решающих факторов прогресса не были бы информационные технологии.

Важнейшим индикатором используемых информационных технологий в любой человеческой деятельности, в том числе и в сфере обороны и безопасности, является качество программного обеспечения. В соответствии с ГОСТ Р ИСО/МЭК 9126-93, качество – это весь объем признаков и характеристик программного обеспечения, который относится к его способности удовлетворять установленным или предполагаемым потребностям.

Среди всех свойств, отражающих качество программного обеспечения, наиболее ключевым является надежность, под которой понимается набор атрибутов, относящихся к способности программного обеспечения сохранять свой уровень качества при установленных условиях за установленный период времени.

Понятия «надежность программного обеспечения» и «надежность аппаратуры» тесно связаны с понятием «отказ». Отказы программного обеспечения и аппаратуры имеют между собой много общего, но в то же время во многом различаются [1].

Однако отказы программного обеспечения существенно отличаются от отказов аппаратуры, в частности [1]:

- отказ аппаратуры зависит от времени, а отказ программного обеспечения зависит от входной информации;
- устранение отказа аппаратуры совсем не означает, что такой же отказ не повторится при дальнейшем ее функционировании, а устранение отказа программного обеспечения означает, что такой отказ в дальнейшем не повторится.

Отличие отказов программного обеспечения и аппаратуры обусловлено тем, что программное обеспечение, в отличие от аппаратуры, не подвержено усталости, износу, старению, а тем более коррозии материала. И отказ программного обеспечения зависит только от содержащихся в нем программных ошибок [1]. Поэтому для исследования надежности программного обеспечения используют модели, отличные от тех, которые применяют для исследования надежности в технике [2-7, 9-14].

Наиболее известной среди них является динамическая модель Джелинского-Моранды, основанная на редующем пуассоновском потоке программных ошибок [14]. Данную модель профессор Смагин В.А. в работе [9] справедливо называет моделью Седякина-Джелинского-Моранды, так как теоретические результаты для редующего пуассоновского потока были получены еще в 60-е гг. профессором Н.М.Седякиным. Поэтому, как и профессор Смагин В.А., в дальнейшем будем называть данную модель моделью Седякина-Джелинского-Моранды.

Несмотря на достаточную проработку и многочисленные модификации модели Седякина-Джелинского-Моранды, она не учитывает типы программных ошибок, что особенно критично в условиях ресурсных ограничений, когда не удастся исправить все обнаруженные программные ошибки. Поэтому в настоящей статье предлагается имитационно-аналитическая модель, которая лишена данного недостатка.

Разработанная имитационно-аналитическая модель, как и ее прототип, позволяет рассчитывать вероятность безошибочной работы $P(t)$ программного обеспечения с учетом неопределенности о будущих условиях эксплуатации. Также ее особенностью является то, что значение интервалов времени возникновения смежных ошибок во время работы программного обеспечения имеет экспоненциальное распределение с частотой ошибок, пропорциональной числу еще не исправленных ошибок.

В качестве основных допущений модели выступают следующие:

- поток программных ошибок имеет только одну реализацию, является случайным и нестационарным и обладает тенденцией к редению;
- каждая программная ошибка исправляется мгновенно без внесения в программное обеспечение новых программных ошибок.

При принятых допущениях вероятность $P(t)$ оценивается следующим образом:

1. Для каждого типа программных ошибок определяется вероятность события A_k , которое заключается в том, что программная ошибка будет принадлежать k -му типу.
2. Вычисляется параметр потока λ_k для каждого типа программных ошибок
3. Для каждого типа программных ошибок рассчитывается условная вероятность события $B_k|A_k$, которое заключается в том, что программная ошибка возникнет в течение времени T при условии наступления события A_k .
4. Для каждого типа программных ошибок рассчитывается вероятность события $A_k B_k$, которое заключается в том, что программная ошибка возникнет в течение времени T и будет принадлежать k -му типу.
5. Рассчитывается вероятность события $\prod_{k=1}^K A_k B_k$, которое заключается в том, что программная ошибка возникнет в течение времени T и будет принадлежать любому из типов.
6. Рассчитывается вероятность безошибочной работы программного обеспечения в течение времени T .

Определение для каждого типа вероятности возникновения программных ошибок осуществляется на основе экспериментальных данных, полученных в ходе отладки программного обеспечения. Данная вероятность рассчитывается по следующей формуле:

$$P_k = \frac{N_k}{\sum_k N_k}$$

При этом в качестве типов программных ошибок предлагается использовать классификацию, предложенную крупным американским специалистом в области тестирования программного обеспечения Б. Бейзером и представленную в таблице 1.

Таблица 1– Классификация программных ошибок

№ п/п	Тип программной ошибки	Описание
1.	Слабый	Нарушение эстетики программного обеспечения
2.	Умеренный	Некорректные выходные данные
3.	Раздражающий	Некорректное выполнение функций
4.	Очень серьезный	Выполнение нетребуемых функций
5.	Экстремальный	Некорректные выходные данные при сетевой передаче
6.	Невыносимый	Некорректные выходные данные при записи в базу данных или в файл
7.	Катастрофический	Зависание программного обеспечения
8.	Инфекционный	Зависание операционной системы

Вычисление параметра потока программных ошибок λ_k каждого типа осуществляется на основе имитационной модели, построенной по методу Монте-Карло.

Для получения результатов проводятся K экспериментов, которые соответствуют числу типов программных ошибок. Каждый эксперимент состоит из G независимых испытаний.

Проведение экспериментов реализуется по следующему алгоритму, схема которого представлена на рисунке 1:

Шаг 1. Осуществляется ввод исходных данных, в качестве которых выступают: T – допустимое значение работы программного обеспечения; K – количество типов программных ошибок; N_k – число программных ошибок k -го типа, обнаруженных в ходе тестирования программного обеспечения; G – количество независимых испытаний.

Шаг 2. Проверяется условие окончания имитационного моделирования. Если текущий номер типа k совпадает с общим числом типов ($k=K$), то осуществляется переход на шаг 14.

Шаг 3. Проводится очередной эксперимент ($k=k+1$).

Шаг 4. Обнуляется значение для номера очередного испытания $g=0$.

Шаг 5. Определяется средний интервал времени между возникновением смежных программных ошибок k -го типа:

$$a_k = \frac{N_k}{T}.$$

Шаг 6. Проверяется условие окончания испытаний. Если номер испытания g совпадает с числом запланированных испытаний ($g=G$), то осуществляется переход на шаг 2.

Шаг 7. Проводится очередное независимое испытание ($g=g+1$).

Шаг 8. Обнуляется значение для номера очередной программной ошибки k -го типа ($m=0$).

Шаг 9. Проверяется условие окончания имитации возникновения программных ошибок k -го типа. Если номер очередной программной ошибки m совпадает с общим числом программных ошибок k -го типа ($m=N_k$), обнаруженных в ходе тестирования, то осуществляется переход на шаг 6.

Шаг 10. Проводится имитация возникновения очередной ошибки k -го типа ($m=m+1$).

Шаг 11. На основе метода обратной функции определяется длительность интервала t_m между моментом проявления m -й программной ошибки k -го типа. Для этого используется следующее выражение [8]:

$$t_m = -\frac{\ln \Theta}{a_k},$$

где Θ – равномерно распределенное случайное число, определяемое с помощью датчика случайных чисел на интервале $[0,1)$.

Шаг 12. На основе метода максимального правдоподобия получают оценки для следующих параметров [9]: η_k – исходное число программных ошибок k -го типа, содержащихся в программном обеспечении до его тестирования; φ_k – коэффициент пропорциональности, имеющий смысл интенсивности возникновения программных ошибок k -го типа и обладающий размерностью, обратно пропорциональной размерности времени.

Функция максимального правдоподобия имеет следующий вид:

$$L(\eta_k, \varphi_k) = \prod_{m=1}^{N_k} \varphi_k (\eta_k - m + 1) e^{-\varphi_k (\eta_k - m + 1) t_m}. \quad (1)$$

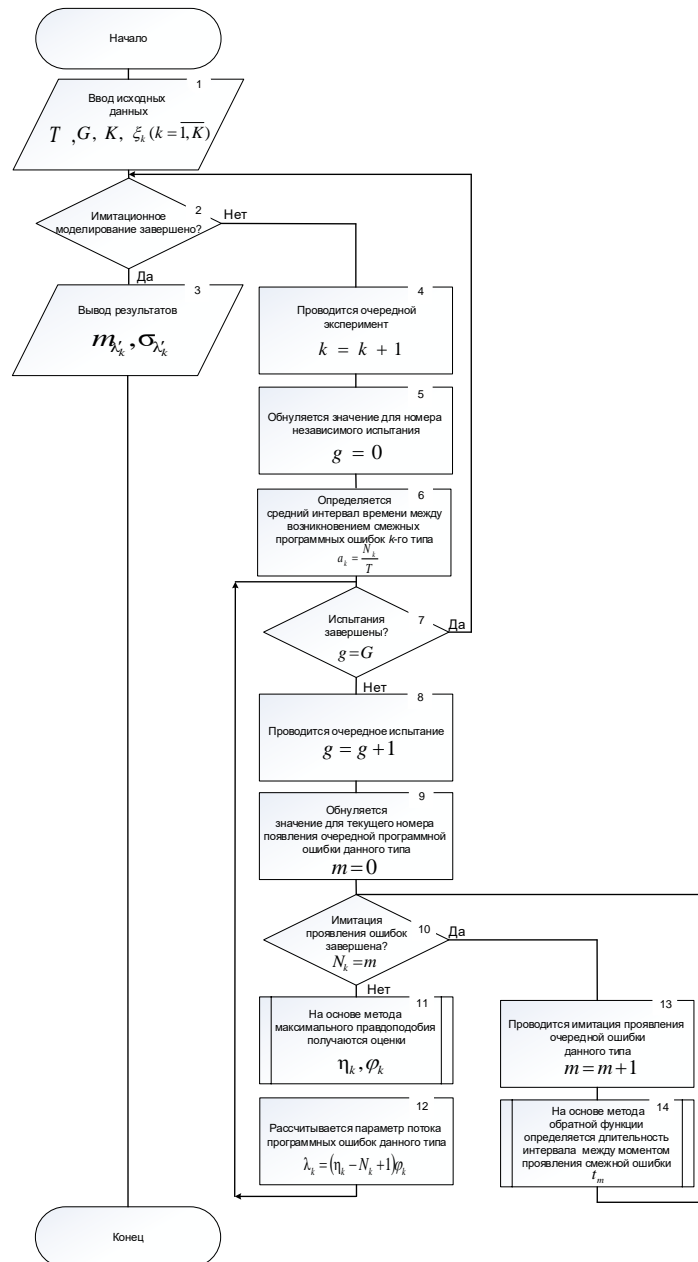


Рисунок 2 – Схема имитационного алгоритма

Для расчета оценок $\hat{\eta}_k$ и $\hat{\phi}_k$ параметров η_k и ϕ_k берутся частные производные от (1) по η_k и ϕ_k . Для снижения ранга операции в формуле (1) используется линейное преобразование выражения, представляющее собой натуральный логарифм от функции $L(N, \varphi)$:

$$\ln(L(\eta_k, \varphi_k)) = \sum_{m=1}^{N_k} \ln(\varphi_k (\eta_k - m + 1) e^{-\varphi_k (\eta_k - m + 1) t_m}). \quad (2)$$

Для получения оценок $\hat{\eta}_k$ и $\hat{\phi}_k$ необходимо решить следующую систему уравнений максимального правдоподобия:

$$\begin{cases} \frac{\partial \ln(L(\eta_k, \varphi_k))}{\partial \eta_k} = 0; \\ \frac{\partial \ln(L(\eta_k, \varphi_k))}{\partial \varphi} = 0. \end{cases} \quad (3)$$

Решение системы уравнений (3) становится возможным с помощью численного метода Ньютона. Начальное значение оценки $\dot{\eta}_{k0}$ принимается равным N_k . Начальное значение оценки $\dot{\varphi}_{k0}$ получается, подставив значение $\dot{\eta}_{k0}$ в любое из уравнений системы (3).

При поиске корней системы уравнений (3) приращение $\Delta\eta_k$ необходимо задавать достаточно малым, чтобы не пропустить решение. В случае получения нескольких корней системы уравнения (3) в качестве решения выбирается то значения $\dot{\eta}_k$ (и соответствующее ему значение $\dot{\varphi}_k$), которое наиболее близко к значению N_k .

Кроме того, при использовании метода максимального правдоподобия условно предполагается, что η_k является непрерывной величиной. Поэтому получаемая в результате решения системы (3) оценка $\dot{\eta}_k$ будет нецелочисленной. Для принятия решения о том, какое ближайшее целое (меньшее или большее) $\dot{\eta}_k$, необходимо проанализировать функцию правдоподобия (2). Величина $\dot{\varphi}_k$ определяется с помощью уравнений (3).

Шаг 13. Рассчитывается значение для оценки параметра потока программных ошибок k -го типа:

$$\lambda_k = (\eta_k - N_k + 1)\varphi_k.$$

После чего осуществляется переход на шаг 6.

Шаг 14. Для каждого типа программных ошибок осуществляется вывод статистических данных, в качестве которых выступают: $m_{\lambda'_k}$ – математическое ожидание значения для параметра потока программных ошибок k -го типа; $\sigma_{\lambda'_k}$ – среднее квадратичное отклонение значения для параметра потока программных ошибок k -го типа.

При достаточно большом количестве испытаний значение параметра потока программных ошибок λ_k для k -го типа можно считать равным $m_{\lambda'_k}$.

Расчет для каждого типа программных ошибок условной вероятности события $B_k|A_k$ основывается на предположении о том, что значение интервалов времени возникновения смежных программных ошибок имеет экспоненциальное распределение с частотой ошибок, пропорциональной числу еще не исправленных ошибок. Исходя из данного предположения условная вероятность события $B_k|A_k$ равна:

$$p(B_k | A_k) = 1 - e^{-\lambda_k T}.$$

Расчет для каждого типа программных ошибок вероятности события $A_k B_k$ основывается на теореме умножения вероятностей. В соответствие с данной теоремой значение вероятности произведения событий A_k и B_k равна произведению вероятности события A_k на условную вероятность события B_k , вычисленную при условии, что событие A_k имело место:

$$p(A_k B_k) = p(A_k) p(B_k | A_k) = \frac{N_k}{\sum_{k=1}^K N_k} (1 - e^{-\lambda_k T}).$$

Расчет вероятности события $\prod_{k=1}^K A_k B_k$ основывается, как и в предыдущем случае, на теореме умножения вероятностей. В соответствие с данной теоремой вероятность произведения независимых событий $A_1 B_1, A_2 B_2, \dots, A_K B_K$ равна произведению вероятностей этих событий:

$$p\left(\prod_{k=1}^K A_k B_k\right) = \prod_{k=1}^K p(A_k B_k) = \prod_{k=1}^K \frac{N_k}{\sum_{k=1}^K N_k} (1 - e^{-\lambda_k T}).$$

Расчет вероятности безошибочной работы программного обеспечения в течение времени T осуществляется на основе значения вероятности $p(\prod_{k=1}^K A_k B_k)$. Событие, которое заключается в том, что программное обеспечение в течение времени T будет безошибочно работать, и события $\prod_{k=1}^K A_k B_k$ образуют полную группу событий. Исходя из этого, вероятность безошибочной работы программного обеспечения в течение времени T вычисляется по следующей формуле:

$$P(T) = 1 - p(\prod_{k=1}^K A_k B_k) = 1 - \prod_{k=1}^K \frac{N_k}{\sum_{k=1}^K N_k} (1 - e^{-\lambda_k T})$$

Достоверность данной модели обеспечивается выбором допущений, использованием имитационного моделирования и подтверждается достаточной сходимостью теоретически полученных результатов с результатами апробированной модели Седякина-Джелинского-Моранды (рис. 2).

При доказательстве сходимости теоретически полученных результатов с результатами апробированной модели Седякина-Джелинского-Моранды использовались следующие исходные и выходные данные [9]:

1. В программном обеспечении обнаружено 5 однотипных программных ошибок с длительностями времени проявления 0,1 ч, 0,7 ч, 19,7 ч, 425,7 ч, 836,2 ч.
2. Вероятность безошибочной работы программного обеспечения в течение 10 часов при исправлении этих ошибок составляет $P(10)=0,388$.

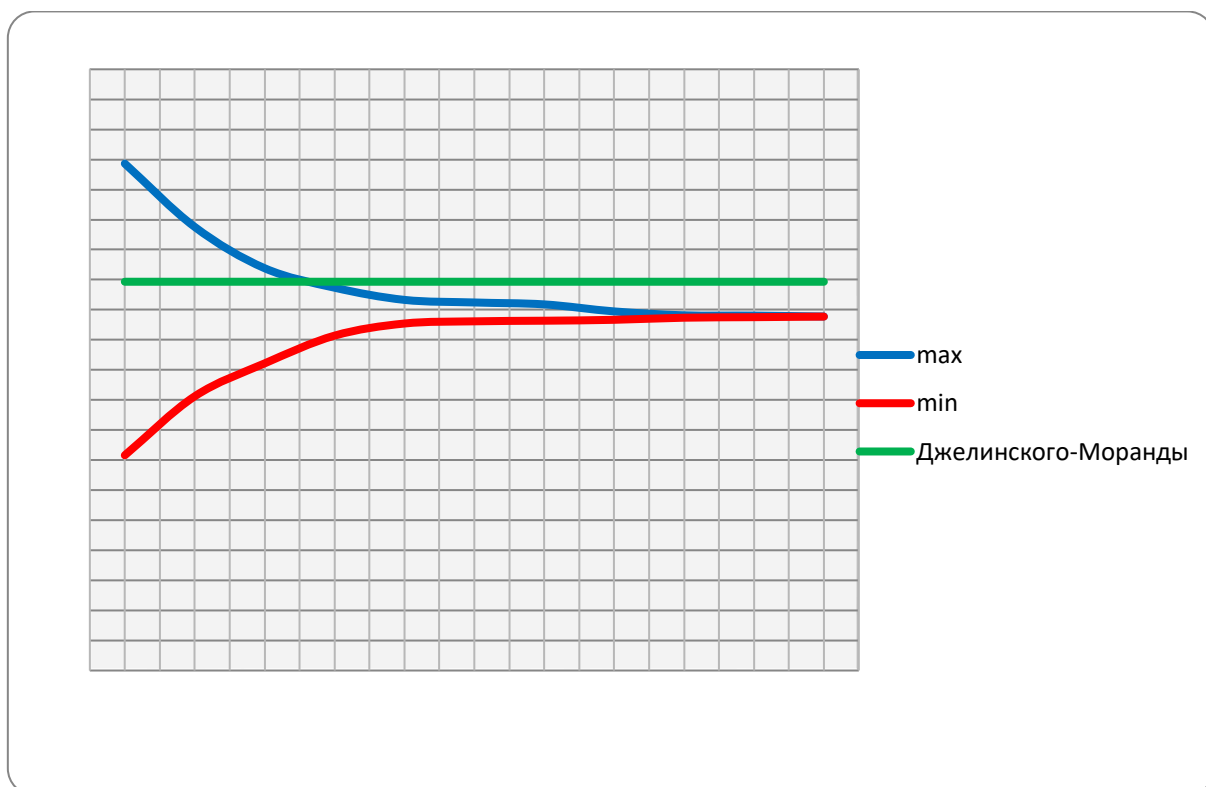


Рисунок 3 – Зависимость результатов моделирования от количества испытаний

Анализ расчетов, полученных с помощью имитационно-аналитической модели и модели Седякина-Джелинского-Моранды, показывает, что максимальное относительное отклонение для вероятности безошибочной работы программного обеспечения составляет 0,0347. Это свидетельствует о правильности реализации предлагаемой имитационно-аналитической модели.

Таким образом, разработанная имитационно-аналитическая модель учитывает различные типы программных ошибок, что позволяет ее использовать для оценивания надежности программного обеспечения с достаточной точностью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гусеница Я.Н., Кругляк Ю.Л., Петрич Д.О. О некоторых особенностях надежности программного обеспечения автоматизированных систем управления войсками // Труды Военно-космической академии им. А.Ф. Можайского, 2013. – № 638. – С. 31-36.
2. Гусеница Я.Н., Кругляк Ю.Л., Петрич Д.О. Техническое обслуживание и ремонт компьютерных систем и комплексов. – Основы надежности и эксплуатации компьютерных систем и комплексов: учебное пособие. – СПб.: ВКА им. А.Ф. Можайского, 2014. – С. 150.
3. Гусеница Я.Н. Обобщенная модель потока разнотипных программных ошибок для оценивания надежности программного обеспечения. – Научные технологии в космических исследованиях Земли, 2015. – Т. 7. – № 5. – С. 18-23.
4. Карповский Е.Я., Чижов С.А. Надежность программной продукции. – Киев: Техника, 1990. – 160 с.
5. Липаев В.В. Надежность программного средств: учебник. – М.: Синтег, 1998. – 232 с.
6. Майерс Г. Надежность программного обеспечения. – М.: Мир, 1980. – 359 с.
7. Марков А.С. Модели оценки и планирования испытаний программных средств по требованиям безопасности информации // Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. – Серия: Приборостроение, 2011. – № S1. – С. 90-103.
8. Рыжиков Ю.И. Имитационное моделирование. Теория и технологии. – СПб.: КОРОНА принт, 2004. – 340 с.
9. Смагин В.А. Основы теории надежности программного обеспечения: учебное пособие. – СПб.: ВКА им. А.Ф. Можайского, 2009. – 355 с.
10. Тейер Т., Липов М., Нельсон Э. Надежность программного обеспечения. – М.: Мир, 1981. – 324 с.
11. Холстед М.Х. Начала науки о программах. – М.: Финансы и статистика, 1981. – 128 с.
12. Шураков В.В. Надежность программного обеспечения систем обработки данных: учебник. – М.: Финансы и статистика, 1987. – 272 с.
13. Черкесов Г.Н. Надежность аппаратно-программных комплексов: учебное пособие. – СПб.: Питер, 2005. – 479 с.
14. Moranda P., Jelinski B. Final Report of Software Reliability Study. McDonnell Douglas Astronautics Company. MDC Report № 63921. Dec. 1972.

Гусеница Ярослав Николаевич

Военный инновационный технополис «ЭРА», г. Анапа

Кандидат технических наук, начальник испытательной лаборатории (информатики и вычислительной техники)

Тел.: 8 981 831 50 29

E-mail: yaromir226@mail.ru

Ya.N. GUSENICA (*Candidate of Engineering Sciences,
Head of Testing Laboratory (Computer Science and Computing)
Military Innovation Technopolis «ERA», Anapa*)

SIMULATION-ANALYTICAL MODEL FOR SOFTWARE RELIABILITY

The paper presents a simulation-analytical model of software reliability. This model takes into account various types of software errors, which allows it to be used to assess the reliability of the software with sufficient accuracy.

Keywords: *software; reliability model; software errors; reducing flow.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Gusenica YA.N., Kruglyak YU.L., Petrich D.O. O nekotoryh osobennostyah nadezhnosti programmnoho obespecheniya avtomatizirovannyh sistem upravleniya vojskami // Trudy Voenno-kosmicheskoy akademii im. A.F. Mozhajskogo, 2013. – № 638. – S. 31-36.
2. Gusenica YA.N., Kruglyak YU.L., Petrich D.O. Tekhnicheskoe obsluzhivanie i remont komp'yuternyh sistem i kompleksov. – Osnovy nadezhnosti i ekspluatatsii komp'yuternyh sistem i kompleksov: uchebnoe posobie. – SPb.: VKA im. A.F. Mozhajskogo, 2014. –S. 150.
3. Gusenica YA.N. Obobshchennaya model' potoka raznotipnyh programmnyh oshibok dlya ocenivaniya nadezhnosti programmnoho obespecheniya. – Naukoemkie tekhnologii v kosmicheskikh issledovaniyah Zemli, 2015. – T. 7. – № 5. – S. 18-23.
4. Karpovskij E.YA., CHizhov S.A. Nadezhnost' programmnoj produkcii. – Kiev: Tekhnika, 1990. – 160 s.
5. Lipaev V.V. Nadezhnost' programmnoho sredstv: uchebnik. – M.: Sinteg, 1998. – 232 s.
6. Majers G. Nadezhnost' programmnoho obespecheniya. – M.: Mir, 1980. – 359 s.
7. Markov A.S. Modeli ocenki i planirovaniya ispytaniy programmnyh sredstv po trebovaniyam bezopasnosti informacii // Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. N.E. Baumana. – Seriya: Priborostroenie, 2011. – № S1. – S. 90-103.
8. Ryzhikov YU.I. Imitacionnoe modelirovanie. Teoriya i tekhnologii. – SPb.: KORONA print, 2004. – 340 s.
9. Smagin V.A. Osnovy teorii nadezhnosti programmnoho obespecheniya: uchebnoe posobie. – SPb.: VKA im. A.F. Mozhajskogo, 2009. – 355 s.
10. Tejer T., Lipov M., Nel'son E. Nadezhnost' programmnoho obespecheniya. – M.: Mir, 1981. – 324 s.
11. Holsted M.H. Nachala nauki o programmah. – M.: Finansy i statistika, 1981. – 128 s.
12. SHurakov V.V. Nadezhnost' programmnoho obespecheniya sistem obrabotki dannyh: uchebnik. – M.: Finansy i statistika, 1987. – 272 s.
13. CHERkesov G.N. Nadezhnost' apparatno-programmnyh kompleksov: uchebnoe posobie. – SPb.: Piter, 2005. – 479 s.
14. Moranda P., Jelinski B. Final Report of Software Reliability Study. McDonnell Douglas Astronautics Company. MDC Report № 63921. Dec. 1972.

УДК 330 (075.8)

А.В. АВЕРЧЕНКОВ, В.И. АВЕРЧЕНКОВ,
А.Д. БАРИНОВА, М.А. БАРИНОВ, Т.М. ГЕРАЩЕНКОВА, А.А. КУЗЬМЕНКО

МЕТОДИКА К ДИАГНОСТИКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ УПРАВЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫМ РАЗВИТИЕМ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

В статье произведена оценка результатов управления инновационным развитием социально-экономических субъектов. Для определения пространственных аспектов генезиса мезоэкономических систем выполнен корреляционно-регрессионный анализ ряда факторов, оказывающих на них свое воздействие. Диагностировано состояние социально-экономических систем Центрального федерального округа на основе разработанного интегрального индекса, позволяющего более точно выявить уровень инновационной составляющей анализируемых субъектов.

Ключевые слова: диагностика; социально-экономическая система; инновации, развитие.

ВВЕДЕНИЕ

Процесс формирования новой экономики – высоких технологий посредством превращения инновационной составляющей в ключевой фактор экономического роста в различных секторах народного хозяйства является неотъемлемым базисом эффективного управления и развития. Необходимость перехода мезоэкономических систем на инновационный путь отражена в Концепции социально-экономического развития РФ и ее регионов, что определяет целесообразность проведения мониторинга субъектов и свидетельствует о неизбежности выявления ключевых факторов, оказывающих влияние на инновационное развитие мезосистем и разработке методических подходов к оценке, как отдельных ее составляющих, так и системы в целом.

В ряде источников термин «система» определяется как совокупность элементов, взаимодействующих между собой, взаимосвязанных и направленных на достижение цели [1, С. 367], следовательно, при оценке результатов управления системами необходимо определять их составляющие, границы, структуру и иерархичность, что будет способствовать определению ее целевой ориентации [2]. Рассматривая точку зрения по данной категории Джурова А.Т., делаем вывод, что под системой он понимал упорядоченную совокупность элементов, которые обладают относительной замкнутостью, организованностью и способностью выполнять ряд функций [3, С. 409]. С позиции Р.Л. Акоффа, социальная система представляет собой «множество социальных индивидов, и каждый из них может рассматриваться как система» [4, С. 127], то есть на развитие, устойчивость, динамику социальных систем оказывают воздействие индивиды на основе принимаемых управленческих решений, что в последствие прямо и/или косвенно влияет на экономическую составляющую.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ И ЗАДАЧИ В ОБЩЕМ ВИДЕ

Рассматривая социально-экономическую систему [5, С. 265], [6, С. 42], важно заметить, что она является своего рода локализованной в экономическом пространстве, так как имеет географические, экономические компоненты и может воплощаться в государственно-политических элементах. Вместе с тем считается, что в целом по России именно инновационная составляющая мезоэкономических систем снижается в последние годы, однако, в разрезе Центрального федерального округа (ЦФО) наблюдается положительная динамика по количеству отгруженных инновационных товаров, работ, услуг (рис.1).

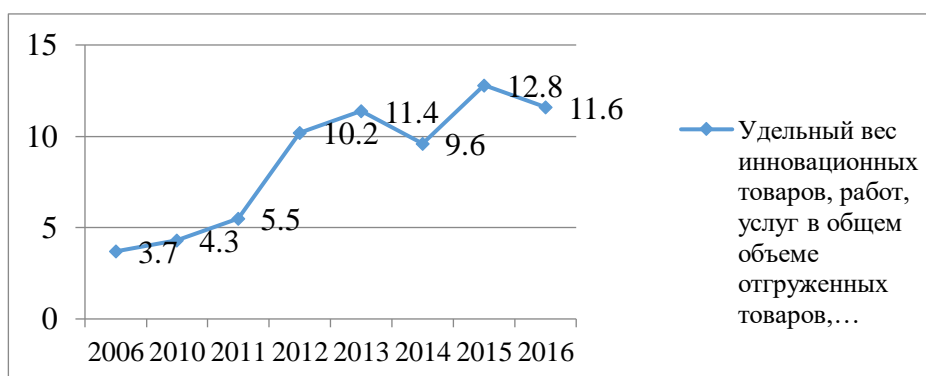


Рисунок 1 – Динамика доли отгруженных инновационных товаров, работ, услуг в их общем объеме по ЦФО, %

Из рисунка видно, что доля отгруженных инновационных товаров, работ, услуг в 2015 году составила 11,6% в их общем объеме по ЦФО. С учетом ряда обстоятельств, считается необходимым выявить совокупность факторов, оказывающих влияние на результаты управления инновационным развитием социально-экономических систем ЦФО. Для этого на основе данных официальной статистики авторами разработана методика оценки [7, С. 170], включающая восемь показателей, сгруппированных в соответствующие блоки и характеризующие инновационную составляющую мезоэкономической системы. Необходимо отметить, что часть показателей являются комбинированными, полученными за счет соотношения конкретных статистических данных (табл. 1).

Таблица 1 – Факторы (показатели), характеризующие региональную инновационную систему

№ п/п	Блок	Показатель
1.	Научно-образовательный (N)	Удельное число студентов высшего образования (Ns) = Численность студентов, обучающихся по программам бакалавриата, специалитета, магистратуры на 10 000 человек населения (J_g)
		Результативность патентной деятельности (Np) = Выдача патентов в регионе (Vp) / Численность персонала, занятого научными исследованиями и разработками (Tr)
2.	Инновационно-внедренческий (W)	Инновационная активность организаций (Wa)
		Удельное число передовых технологий (Wt) = Используемые передовые производственные технологии (Rp) / Число предприятий и организаций (Gk)
3.	Инвестиционный (I)	Эффективность инновационно-инвестиционной деятельности (Ie) = Объем инновационных товаров, работ, услуг (Or) / Затраты на технологические инновации (Zt)
		Удельный объем инвестиций (Io) = Инвестиции в основной капитал на душу населения (J_o)
4.	Предпринимательско-демографический (P)	Удельная результативность малого бизнеса (Pm) = Оборот малых предприятий (Mp) / Численность населения (Sn)
		Доля экономически-активного населения (Pa) = Численность экономически активного населения (Ce) / Численность населения (Sn)

Примечание: *Составлено по данным Росстата [8].

В ходе дальнейшего исследования на основе корреляционно-регрессионного анализа выявлены факторы, влияющие на разработанные показатели диагностики инновационного развития субъектов ЦФО, с целью проведения дополнительного анализа и выявления на их основе ключевых факторов, определяющих по каждому из них степень корреляции с результирующими данными соответствующего блока, которые связаны с оценкой инновационного изменения региональных социально-экономических систем и графически интерпретированы.

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ

Для определения степени значимости, зависимости и возможности осуществления прогноза на основе разработанных показателей по четырем блокам (научно-образовательному, инновационно-внедренческому, инвестиционному и предпринимательско-демографическому) проведен корреляционно-регрессионный анализ [9, С. 280], по результатам которого составлены восемь уравнений регрессии. Приближенно зависимость между факторными признаками X_1, X_2, \dots, X_n и результирующим Y имеет вид формулы 1:

$$Y = f(x_1; x_2; \dots x_n), \quad (1)$$

где Y – значение результирующего показателя; X – факторы, влияющие на результирующую величину Y .

В целом методика базируется на функционировании математических моделей, построенных на основе отобранных 18 факторов, которые были получены из данных официальной статистики – Росстата [8], и предположительно влияющих на разработанные авторами результирующие показатели Y , определяющие инновационное развитие социально-экономических систем в ЦФО. Выбор факторов обусловлен их доступностью, достоверностью и полнотой представления данных. Из проводимого анализа первоначально исключаем те факторы, которые в меньшей степени оказывают влияние на результирующий признак Y и рассматриваем только значимые ($p \leq 0,05$).

Регрессионный анализ проводился для ЦФО за 2015 год, то есть изначально выявлялись значимые факторы по результатам пространственного анализа – 18 регионов. Логика диагностики состоит в том, что необходимо определить корреляционную зависимость результирующих показателей Y и факторов X с последующим выявлением из их числа ключевых. В таблице 2 определен перечень результирующих показателей Y , используемых в дальнейших расчетах.

Таблица 2 – Исходные показатели для расчета регрессионной зависимости

№	Субъект (область)	Значение показателя, Y (pr)							
		Y_{Ns}	Y_{NP}	Y_{Wa}	Y_{Wt}	Y_{le}	Y_{lo}	Y_{Pm}	Y_{Pa}
1	Белгородская	342	0,147	12,7	0,053	12,265	94501	0,159	0,520
2	Брянская	282	0,144	7,7	0,064	17,419	50224	0,142	0,509
3	Владимирская	239	0,049	11,2	0,109	2,707	57427	0,129	0,544
4	Воронежская	393	0,065	11	0,037	5,060	113030	0,158	0,498
5	Ивановская	304	0,509	4,4	0,026	4,747	24822	0,211	0,532
6	Калужская	218	0,013	10,9	0,085	1,278	91580	0,178	0,530
7	Костромская	209	0,372	8,2	0,090	1,288	40169	0,133	0,499
8	Курская	488	0,127	7,3	0,052	14,757	62911	0,123	0,510
9	Липецкая	216	0,139	20	0,145	6,665	100759	0,178	0,515
10	Московская	153	0,020	8	0,063	2,189	88018	0,178	0,538
11	Орловская	420	0,154	9,6	0,086	1,845	68600	0,102	0,507

№	Субъект (область)	Значение показателя, $Y (pr)$							
		Y_{Ns}	Y_{NP}	Y_{Wa}	Y_{Wt}	Y_{le}	Y_{lo}	Y_{Pm}	Y_{Pa}
12	Рязанская	315	0,065	12,7	0,042	1,394	47720	0,141	0,476
13	Смоленская	273	0,073	7,3	0,051	2,102	62280	0,172	0,553
14	Тамбовская	278	0,074	9,6	0,110	2,097	115929	0,132	0,501
15	Тверская	224	0,045	7,9	0,109	4,030	56639	0,120	0,539
16	Тульская	232	0,057	12,9	0,062	5,483	69924	0,136	0,533
17	Ярославская	292	0,039	8,7	0,060	1,547	54299	0,185	0,541
18	г. Москва	616	0,036	19,7	0,016	4,474	131403	0,445	0,573

Примечание: * $Y (pr)$ – значение результативного признака в пространственном аспекте.

Следующим шагом было выявление совокупности факторов X , о чем уже было сказано ранее, предположительно влияющих на результирующие показатели Y : x_1 – число образовательных организаций высшего образования, на начало года; x_2 – распределение инвестиций в основной капитал по государственным предприятиям, %; x_3 – численность рабочей силы, тысяч человек; x_4 – организации, выполняющие научные исследования и разработки, штук; x_5 – затраты на информационные и коммуникационные технологии, млн. руб.; x_6 – число персональных компьютеров на 100 работников, штук; x_7 – численность исследователей с учеными степенями, человек; x_8 – внутренние затраты на научные исследования и разработки, млн.руб.; x_9 – численность профессорско-преподавательского персонала образовательных организаций высшего образования, на начало учебного года; чел.; x_{10} – ввод в действие основных фондов по видам экономической деятельности, млн. руб.; x_{11} – степень износа основных фондов, на конец года; %; x_{12} – средний возраст занятого населения, лет.; x_{13} – численность безработных, тыс. чел.; x_{14} – численность вынужденных переселенцев, чел.; x_{15} – использование специальных программных средств в организациях для решения организационных, управленческих и экономических задач, %; x_{16} – среднедушевые денежные доходы населения, в мес. руб.; x_{17} – объем работ, выполненных по виду экономической деятельности «строительство», млн. руб.; x_{18} – ожидаемая продолжительность жизни при рождении, число лет.

С целью обоснования факторов, включаемых в модель, на предварительном этапе осуществления вычислений необходимо выполнить парный корреляционный анализ, который описывает свойства идентичных объектов из рассматриваемой совокупности и позволяет устранить связанные с другими величины.

Например, результаты, полученные на основе регрессионного анализа фактора X_9 и результирующей величины $Y_{Ns} (pr)$, свидетельствуют о сильной степени значимости ($p = 0,001$) факторного признака, который не выходит за границы порогового значения 5%. Наблюдается высокая значимость множественного коэффициента корреляции ($R = 0,714$), свидетельствующая о достаточно высокой тесноте связи. Значение F критерия Фишера при заданном уровне значимости p отражает, насколько хорошо эта модель объясняет общую дисперсию зависимой переменной. Уровень значимости расчетного критерия Фишера ($F = 16,687$) значительно превышает табличное ($F = 4,49$), следовательно, объясненная дисперсия существенно больше, чем необъясненная, и линейная регрессионная модель является значимой.

Результат проделанных вычислений свидетельствует о целесообразности и возможности использования анализируемого факторного признака X_9 в регрессионной модели (2). Следовательно, полученную зависимость можно представить в виде следующего уравнения (2):

$$Y_{Ns} (pr) = 300,591 + 0,007 \cdot X_9, \quad (2)$$

Графическая интерпретация корреляции отражена на диаграмме рассеяния (рис.2).

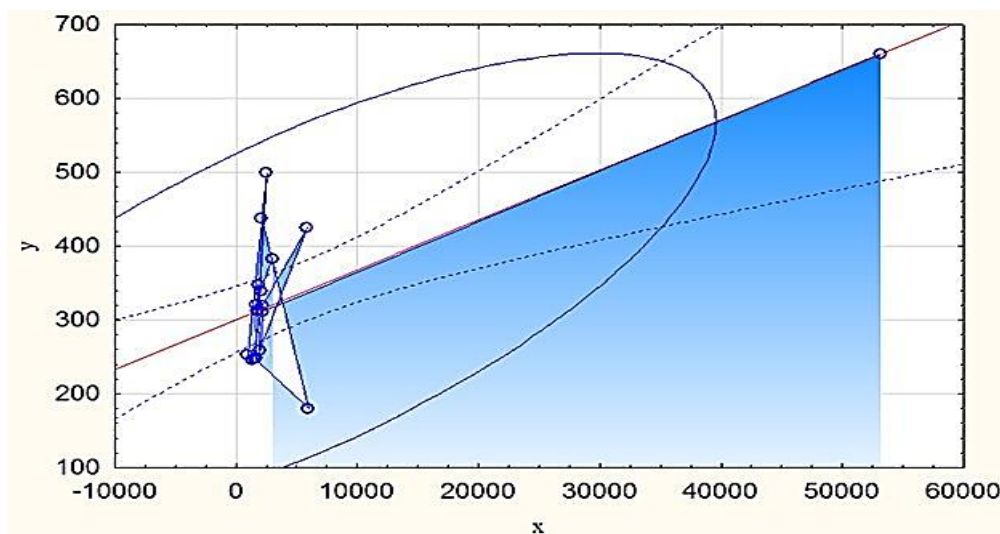


Рисунок 2 – Графическое представление линейной регрессионной зависимости удельного числа студентов Y_{Ns} и численности профессорско-преподавательского персонала образовательных организаций высшего образования X_9 за 2015 г.

На основе произведенных расчетов и полученных результатов делаем вывод о целесообразности внесения фактора в статистическую модель, характеризующего зависимость удельного числа студентов высшего образования (Y_{Ns}) от численности профессорско-преподавательского персонала образовательных организаций высшего образования (ВО) X_9 , так как отсутствие достаточного количества преподавателей делает невозможным (не результативным) обучение большого числа студентов, если только данный факт не сопровождается увеличением нагрузки на преподавателей в целом, что приводит к снижению эффективности, качества обучения, проявляющееся в непринципиальном проставлении оценок, поверхностной проверке работ студентов и так далее [10, С. 65]. Справедливо заметить, что со значительным ростом, в последние годы, педагогической нагрузки сокращается время сотрудников, чтобы заниматься научной и организационной деятельностью, следовательно, этот факт приводит к «затуханию» научно-исследовательской инициативы.

Из уравнения (2), делаем вывод, что изменение на одну единицу числа преподавателей университетов приведет к изменению удельного числа студентов высшего образования в 0,007 раза с учетом значения постоянного индивидуального эффекта равным 300,5914. Аналогичным образом был произведен корреляционный анализ с составлением линейных уравнений регрессии по другим результативным (показателям) Y и факторным X признакам, результаты которого представлены далее:

$$\begin{aligned}
 Y_{Np}(pr) &= 9,533 - 0,230 \cdot X_{12}; & Y_{Io}(pr) &= 64878,511 + 82,977 \cdot X_4; \\
 Y_{Wa}(pr) &= 9,582 + 0,000006 \cdot X_{10}; & Y_{Pm}(pr) &= 0,123 + 0,000038 \cdot X_3; \\
 Y_{Wi}(pr) &= 0,319 - 0,004 \cdot X_{15}; & Y_{Pa}(pr) &= 0,481 + 0,00000174 \cdot X_{16}. \\
 Y_{Ie}(pr) &= 105,688 - 2,505 \cdot X_{12}; & &
 \end{aligned}$$

На основе представленных линейных корреляционно-регрессионных моделей, определяющих степень влияния факторных признаков на восемь результирующих показателей посредством пространственного анализа, был разработан интегральный индекс

IY_{pr} , характеризующий результаты управления инновационным развитием социально-экономических систем в пространственном аспекте, который определен по формуле 3 (средней геометрической):

$$IY_{pr} = \sqrt[8]{Y_{Ns}(pr) \cdot Y_{Np}(pr) \cdot Y_{Wa}(pr) \cdot Y_{Wi}(pr) \cdot Y_{Ie}(pr) \cdot Y_{Io}(pr) \cdot Y_{Pm}(pr) \cdot Y_{Pa}(pr)}, \quad (3)$$

где IY_{pr} – интегральный индекс оценки инновационного развития социально-экономических систем (СЭС) в пространственном аспекте; $Y(pr)$ – значение результативных признаков, влияющих на инновационное развитие с учетом пространственной составляющей.

Группировка регионов по уровню инновационного развития мезосистем IY осуществлена в зависимости от оценочной шкалы (разработанной авторами), согласно которой «весьма высокий» от 0,801 до 1, «достаточно высокий» от 0,601 до 0,8, «средний» от 0,401 до 0,6, «низкий» от 0,201 до 0,4 и «сверхнизкий» от 0 до 0,2.

Для достижения поставленной задачи необходимо было произвести нормирование показателей методом относительной нормализации, которое проводилось сопоставлением расчетного значения по результативному показателю с эталонным, в качестве которого выступает максимальное значение по федеральному округу. Расчет осуществляется по формуле 4:

$$N_Y = \frac{Y_i}{Y_{\max}}, \quad (4)$$

где N_Y – нормированное значение показателя Y ; Y_i – расчетное значение показателя Y по анализируемому региону; Y_{\max} – максимальное расчетное значение по ФО.

Полученные значения коэффициентов имеют градацию от 0 до 1 и чем ближе значение к его максимуму (1), тем выше уровень управления инновационным развитием СЭС, что позволяет с учетом пространственного лага распределить мезоэкономические системы по группам. Отличие от существующих методик состоит в том, что нормируются непосредственно разработанные авторами показатели, а не используемые данные Росстата, что позволяет дать более точную оценку и найти интегральный индекс по индикаторам Y , которые уже существенно зависят только от значимых факторов X , отобранных ранее в ходе анализа. На основе полученных данных произведен расчет интегрального индекса IY по восемнадцати регионам ЦФО, результаты которого представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Значение интегрального индекса РИС в ЦФО и распределение их по группам

№ п/п	Субъект	Значение интегрального индекса IY	Распределение по группам
1	Белгородская	0,633	2
2	Брянская	0,667	2
3	Владимирская	0,637	2
4	Воронежская	0,603	2
5	Ивановская	0,666	2
6	Калужская	0,390	4
7	Костромская	0,600	3
8	Курская	0,541	3
9	Липецкая	0,580	3
10	Московская	0,604	2
11	Орловская	0,556	3
12	Рязанская	0,563	3
13	Смоленская	0,540	3

№ п/п	Субъект	Значение интегрального индекса <i>IY</i>	Распределение по группам
14	Тамбовская	0,558	3
15	Тверская	0,492	3
16	Тульская	0,394	4
17	Ярославская	0,569	3
18	г. Москва	0,812	1

Бесспорным лидером по интегральному индексу (*IY*) представляется г. Москва, входящая в первую группу регионов, имея наибольшее значение по ЦФО (0,812). Владимирская область, также как Белгородская (0,633), Брянская (0,667), Ивановская (0,666), Московская (0,604) тяготеет от среднего к более высокому уровню, что свидетельствует о высоком уровне потенциала, то есть использование в полной мере имеющихся ресурсов позволило бы данным областям выйти на новый уровень инновационного развития.

ВЫВОДЫ

Таким образом, комплексная пространственная диагностика результатов управления инновационным развитием социально-экономических систем с выявлением ключевых факторов, влияющих на индикаторы инновационного развития, дает более точную характеристику анализируемых субъектов, в отличие от ряда других методик, что подтверждает ее научную обоснованность и значимость.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Райзберг Б.А., Лозовский Л.Ш., Стародубцева Е.Б. Современный экономический словарь. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Инфра-М., 2016. – 490 с.
2. Лапыгин Д.Ю. Стратегическое развитие региона с позиции системного подхода. – Современные проблемы науки и образования, 2015. – № 1-1 [Электронный ресурс]. – URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=19265> (дата обращения: 16.11.2017).
3. Джураев А.Т., Ахматова М.Э., Тешаева М.Д. Современная характеристика типов экономических систем. – Молодой ученый, 2015. – № 12. – С. 409-413.
4. Акофф Р., Эмери Ф.О. целеустремленных системах / Под. ред. И.А. Ушакова. – М.: Советское радио, 1974. – 272 с.
5. Молчан А.С., Крецу С.И. Условия и факторы устойчивого развития региональных экономических систем. – Экономика и предпринимательство, 2014. – № 12-4. – С. 263-266.
6. Корнев Г.Н., Калинина О.О. Анализ динамики экономических систем. – Экономика и управление в АПК, 2014. – № 1. – С. 42-50.
7. Романова А.Д., Доничев О.А., Баринов М.А. Методика анализа и оценки инновационного потенциала социально-экономических систем регионов. Экономический анализ: теория и практика, 2017. – М.: ФиК. – Т. 16. – № 2. – С. 260-273.
8. Регионы России. Основные характеристики субъектов РФ [Электронный ресурс]. – URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1138625359016 (дата обращения: 16.11.2017).
9. Ковалев В.В. Теория статистики с элементами эконометрики: практикум. – М.: Юрайт, 2016. – 386 с.
10. Назарова И.Б. Вызовы для Российских университетов и преподавателей. – Высшее образование в России, 2015. – № 8-9. – С. 61-68.

Аверченков Андрей Владимирович

ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет», г. Брянск

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

Тел.: 8 (4832) 56-49-90

E-mail: mahar@mail.ru

Аверченков Владимир Иванович

ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет», г. Брянск
Доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Компьютерные технологии и системы»
Тел.: 8 (4832) 56-49-90
E-mail: aver@tu-bryansk.ru

Барина Алена Дмитриевна

ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Владимир
Ассистент кафедры «Экономика и управление инвестициями и инновациями»

Барин Михаил Александрович

ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Владимир
Кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры «Экономика и стратегическое управление»

Герашенкова Татьяна Михайловна

ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет», г. Брянск
Доктор экономических наук, доцент, начальник управления проектами БГТУ
Тел.: 8 (4832) 56-49-90
E-mail: gerash-tatyana@yandex.ru

Кузьменко Александр Анатольевич

ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет», г. Брянск
Кандидат биологических наук, доцент кафедры «Компьютерные технологии и системы»
Тел.: 8 (4832) 56-49-90
E-mail: alex-rf-32@yandex.ru

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

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

A.D. BARINOVA (*Assistant of the Department «Economics and Management
of Investments and Innovations»*)

M.A. BARINOV (*Candidate of Economic Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of Department «Economics and Strategic Management»
Vladimir State University named after Alexander and Nicholas Stoletovs, Vladimir*)

T.M. GERASHhENKOVA (*Doctor of Economic Sciences, Associate Professor,
Head of Project Management of BSTU*)

A.A. KUZ'MENKO (*Candidate of Biological Sciences,
Associate Professor of the Department «Computer Technologies and Systems»
Bryansk State Technical University, Bryansk*)

**TECHNIQUE FOR DIAGNOSTICS OF THE RESULTS OF THE MANAGEMENT
OF INNOVATIVE DEVELOPMENT OF SOCIO-ECONOMIC SYSTEMS**

The article assesses the results of managing the innovative development of socio-economic subjects. To determine the spatial aspects of the genesis of mesoeconomic systems, a correlation and regression analysis of a number of factors that have an impact on them has been performed. The state of the socio-economic systems of the Central Federal District has been diagnosed on the basis of the developed integral index, which allows to more accurately identify the level of the innovation component of the analyzed subjects.

Keywords: *diagnostics; socio-economic system; innovation, development.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Rajzberg B.A., Lozovskij L.SH., Starodubceva E.B. *Sovremennyj ekonomicheskij slovar'*. – 6-e izd., pererab. i dop. – M.: Infra-M., 2016. – 490 s.
2. Lapygin D.YU. *Strategicheskoe razvitie regiona s pozicii sistemnogo podhoda. –Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, 2015. – № 1-1 [Elektronnyj resurs]. – URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=19265> (data obrashcheniya: 16.11.2017).
3. Dzhuraev A.T., Ahmatova M.E., Tshaeva M.D. *Sovremennaya harakteristika tipov ekonomicheskikh sistem.* – *Molodoj uchenyj*, 2015. – № 12. – S. 409-413.
4. Akoff R., Emeri F.O. *celeustremlennyh sistemah* / Pod. red. I.A. Ushakova. – M.: Sovetskoe radio, 1974. – 272 s.
5. Molchan A.S., Krecu S.I. *Usloviya i faktory ustojchivogo razvitiya regional'nyh ekonomicheskikh sistem.* – *Ekonomika i predprinimatel'stvo*, 2014. – № 12-4. – S. 263-266.
6. Kornev G.N., Kalinina O.O. *Analiz dinamiki ekonomicheskikh sistem.* – *Ekonomika i upravlenie v APK*, 2014. – № 1. – S. 42-50.
7. Romanova A.D., Donichev O.A., Barinov M.A. *Metodika analiza i ocenki innovacionnogo potentsiala social'no-ekonomicheskikh sistem regionov. Ekonomicheskij analiz: teoriya i praktika*, 2017. – M.: FiK. – T. 16. – № 2. – S. 260-273.
8. *Regiony Rossii. Osnovnye harakteristiki sub"ektov RF* [Elektronnyj resurs]. – URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1138625359016 (data obrashcheniya: 16.11.2017).
9. Kovalev V.V. *Teoriya statistiki s elementami ekonometriki: praktikum.* – M.: YUrajt, 2016. – 386 s.
10. Nazarova I.B. *Vyzovy dlya Rossijskikh universitetov i prepodavatelej.* – *Vysshee obrazovanie v Rossii*, 2015. – № 8-9. – S. 61-68.

УДК 004.9

С.В. БАЖАНОВА, И.Н. КУРИЛО

ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОНТЕНТОМ

В статье рассматриваются вопросы управления контентом предприятия. Анализируются проблемы в данном аспекте на примере предприятия машиностроительной отрасли. Авторами выявляется необходимость усовершенствования систем управления контентом посредством проведения конкретных мероприятий по формированию ЕСМ системы.

Ключевые слова: контент; управление контентом; ЕСМ-система; управление документами.

В настоящее время, в связи с формированием и развитием информационного общества перед предприятиями возникает необходимость в управлении различными типами информации. Грамотное управление корпоративным контентом предприятия является одной из главных составляющих повышения конкурентоспособности и экономической эффективности организации.

Под термином «контент» подразумевается неструктурированная информация в любом виде, включая офисные документы, рисунки, чертежи, графики, сканированные изображения, файлы любых форматов, сообщения электронной почты [5, с. 81-82].

Понятие ЕСМ было введено Gartner в 2000 году. В соответствии с определением компании, ЕСМ – система, которая используется для создания, хранения, распространения, обнаружения, архивирования и управления всеми видами контента, в том числе неструктурированного, а также для анализа использования, чтобы организации могли доставлять соответствующий контент пользователям, где и когда он им нужен [1].

Компания Gartner выделяет в составе современных ЕСМ-систем следующие основные компоненты:

- управление веб-контентом (CMS/WCMS);
- управление документами (Document Management);
- управление записями (Records Management);
- управление цифровыми активами (Digital Asset management, DAM);
- управление совместной работой (Collaboration software/GroupWare);
- управление образами документов (Document Imaging, DI);
- управление потоками работ (Workflow/BPM).

Такая система позволяет накапливать структурированные данные в информационной системе для передачи и анализа их участниками процесса, а также осуществлять своевременную модификацию и оптимизацию процессов [3, с. 127].

В данной статье будет рассмотрен процесс формирования системы управления контентом на примере предприятия АО «МордовАгроМаш».

АО «МордовАгроМаш» был основан в 1961 году на базе ремонтно-технологической станции и в данное время завод является предприятием машиностроительной отрасли.

Основными видами деятельности Общества являются:

1. Производство автомобильных кузовов, производство прицепов, полуприцепов и контейнеров, предназначенных для перевозки одним или несколькими вилами транспорта.
2. Деятельность автомобильного грузового транспорта.
3. Производство машин для животноводства.
4. Внешняя торговля прицепами, полуприцепами, оборудованием и прочей продукцией собственного изготовления.

Система документооборота на предприятии АО «МордовАгроМаш» характеризуется отсутствием единой платформы и состоит из различного аппаратного и программного обеспечения. Большая часть документооборота представлена в бумажном виде и обладает

низкой эффективностью. Часть документов автоматизирована посредством единичных неинтегрированных программных решений, одними из которых являются программа ведения бухгалтерского учета 1С:Бухгалтерия, программное средство расчета заработной платы Камин: Заработная плата, а ПО для разработки и оформления конструкторской и проектной документации по созданию новых видов продукции – Компас 3Д.

Существующая система движения документов вызывает многие проблемы в организации документооборота.

Управление организацией осуществляется посредством перемещения приказов и связанных с ними поручений и отчетов, поэтому следствием неэффективной организации работы с документами является фактическая неуправляемость. Руководитель также не располагает достоверной и полной информацией о документах, их состоянии и истории работы с ними, а сам процесс прохождения документов является плохо контролируемым. В результате возникают такие проблемы как:

- сложность механизмов поиска необходимого документа или получения сведений об их наличии;
- медленное движение документов между подразделениями, их текущее состояние зачастую неизвестно, как следствие они просто теряются;
- дублирование документов;
- неисполнение решений в срок;

Другой составляющей процесса документационного обеспечения принимаемого управленческого является документирование решения.

В данной сфере можно выделить такую проблему как длительные сроки согласования документов. При создании документа сотруднику необходимо согласование в соответствующих подразделениях и у непосредственного руководства, что занимает 60-70% рабочего времени.

Кроме этого, в организации создается множество копий одного документа, что приводит к усложнению процесса контроля версий. Для каждого документа создается в среднем до 20-ти копий для исполнителей или на ознакомление. Другими словами, на предприятии отсутствует системность в организации документооборота.

Таким образом, руководитель тратит 45% рабочего времени на работу с бумажными документами, 6% бумажных документов безвозвратно теряются. В результате около 20-30 поставленных задач не решаются.

Помимо этого, отсутствие автоматизированной системы контроля за выполнением поручений сотрудниками приводит к частому неисполнению в срок поручений. Это усложняет процесс реализации планов, в связи с отсутствием должных гарантий своевременного выполнения задач сотрудниками.

Все более частыми становятся случаи, когда об опозданиях, возникающих при исполнении документа, становится известно уже в конце срока исполнения, когда поздно предпринимать какие-либо дополнительные действия. Срыв сроков равносителен невыполнению обязательств и может привести к подрыву деятельности и нанести ущерб репутации. Эта проблема возникла в связи с тем, что при бумажном ведении документации практически невозможно отследить, кто над какими документами работает в конкретный момент времени, каковы история и статус выполнения запросов.

Таким образом, все бизнес-процессы предприятия АО «МордовАгроМаш» основаны на использовании бумажных оригиналов или копий, поэтому на предприятии отсутствует возможность формирования аналитической отчетности по всему массиву данных. Поиск документации по прошлым периодам занимает достаточно продолжительное время.

Другая проблема, существующая на предприятии АО «МордовАгроМаш», связана с хранением и использованием информации посредством электронной почты. При обычном сканировании и отправке документа по электронной почте все действия требуют вмешательства сотрудников и выполняются вручную. Такой способ работы имеет много

ограничений и может иметь негативные последствия для бизнеса. Если удалить email, вместе с ним пропадает и приложенный файл. Под давлением сроков и контроля над эффективностью пользователи часто обходят или игнорируют нормы, без которых нельзя обеспечить соответствие требованиям и непрерывность бизнеса.

Большинство процессов на предприятии неразрывно связаны с созданием документов: закупки и продажи, коллективная работа, которая требует координации и фиксации достижений, делопроизводство, проектные работы. Для управления такими процессами в привязке к документам уже совершенно точно порождает ЕСМ-потребности. Для удовлетворения такой потребности может быть внедрена как отдельная система, так и гибридное ЕСМ-решение, включающее в себя набор интегрированных инструментальных средств и сервисов.

Проведенный нами анализ существующего механизма управления контентом показал, что текущая система управления контентом практически отсутствует, поэтому требуется ее формирование.

Стоит еще раз отметить, что в качестве решения для управления корпоративным контентом предприятия может выступать набор интегрированных инструментальных средств и сервисов. Причем в некоторых случаях данное решение является достаточно эффективным, но практически всегда предполагает ряд дополнительных рисков и ограничений. Во-первых, множество мест хранения информации с большой вероятностью порождают информационный хаос – сотрудникам гораздо проще работать с единым хранилищем. Во-вторых, использование набора инструментов и сервисов может потребовать их дополнительной настройки и интеграции, что приводит к возникновению трудностей. В-третьих, качество интеграции во многом будет зависеть от ИТ-специалиста, занимающегося решением данной проблемы.

Именно поэтому в качестве решения будет рассмотрена ЕСМ.

Целями проекта по внедрению ЕСМ системы являются:

- создание единого канала коммуникаций между сотрудниками;
- минимизация временных задержек в распространении и доведении официальной информации до сотрудников;
- обеспечение централизованного доступа сотрудников компании к актуальной и достаточной рабочей информации;
- организация структурированного и упорядоченного хранения корпоративной информации;
- обеспечение быстрого и удобного поиска информации;
- создание инструмента планирования и контроля выполнения поручений.

На сегодняшний день на рынке представлено большое количество ЕСМ решений. Выбор каждого предприятия должен осуществляться, исходя из имеющихся средств и возможностей.

В качестве основных требований к системе рассмотрим следующие критерии: стоимость, технические требования, возможность управление записями, понятность интерфейса, возможность управление образами документов, возможность администрирования.

В ходе исследования было рассмотрено несколько альтернатив: EMC Documentum, IBM Content Foundation, Oracle WebCenter Content, Microsoft SharePoint, eDocLib. Однако в наилучшей степени соответствует поставленным критериям именно система eDocLib, которая и была выбрана в качестве платформы для создания единого информационного пространства для сбора и хранения документации.

Преимуществами eDocLib является простота установки и эксплуатации, а также низкая стоимость владения. Основной особенностью системы является возможность создавать и изменять описания данных, настраивать конфигурацию в соответствии с меняющимися потребностями самостоятельно, без программирования.

На первых этапах работ по внедрения ЕСМ системы необходимо определить требования заказчика. Для этого следует провести обследование бизнес-процессов, связанных с работой с документами. Основными методами исследования на данном этапе будут являться изучение внутренних положений о документообороте, различных журналов регистрации (бумажных и электронных), а также интервьюирование ключевых участников процессов. На основании данных, полученных в ходе исследования, будет осуществляться выбор системы и определяться общая концепция ее настройки. Завершением первого этапа является комплекс документации по описанию текущего состояния предприятия, а также согласованное и утвержденное техническое задание.

Второй этап работ предусматривает разработку модели «как должно быть» и непосредственно установку и настройку внедряемой системы. Специалистами компании разработчика системы должна быть спроектирована базовая модель конфигурации и прав доступа пользователей, настроены и заполнены справочники. Затем в процессе развертывания системы и работы с конечными пользователями должна быть произведена «тонкая настройка» интерфейса и прав доступа для нужд конкретных пользователей, в рамках этого же этапа осуществляется разработка базовых отчетных и печатных форм для документов, журналов.

На последнем этапе внедрения осуществляется непосредственный запуск в эксплуатацию системы. Для этого требуется провести обучение пользователей для понимания идеологии использования eDocLib, основных функциональных и методологических моментов работы с ней. В рамках данного этапа также проводятся опытная эксплуатация и приемочные испытания внедряемой системы.

Для определения затрат на внедрение систему управления корпоративным контентом воспользуемся методом ТСО (Total Cost of Ownership) – метод оценки совокупной стоимости владения. Данный метод оценки позволит учесть не только затраты на приобретение лицензий, но и комплекс мероприятий, связанный с внедрением, адаптацией системы и обучением персонала.

Затраты на закупку системы включают в себя базовый комплект «малый» системы eDocLib, в который входит 20 полнофункциональных рабочих мест, 1 опция «Администратор», 1 опция «Конфигуратор», 1 опция «Редактор форм» общей стоимостью 45000 р. Однако для полной автоматизации требуется приобретение 15 дополнительных лицензий, стоимость которых выйдет для предприятия в 27000 р.

Опция «Администратор» – это модуль управления пользователями и их правами, позволяет создавать учетные записи пользователей и объединять их в группы, назначать им права на работу с данными и функциями системы, права доступа на группы документов. «Конфигуратор» – это редактор типов документов и справочников. «Редактор форм» предназначен для создания и редактирования визуальных форм документов и справочников.

В связи с тем, что предприятие взаимодействует с поставщиками и покупателями, документооборот которых по-прежнему остается смешанного типа, а также для перевода существующих бумажных документов к электронному формату, следует дополнительно приобрести лицензию на опцию «Сканирование», стоимость которой 21050 р. В состав опции включен модуль распознавания, работающий с использованием технологий компании АВВУУ, с лимитом распознаваемых страниц 10000 р. в месяц. Таким образом, затраты на закупку лицензий ЕСМ системы составят 93050 р. Внедрение системы в АО «МордовАгроМаш» будет осуществляться специалистами компании «Электронные офисные системы (ЭОС)».

Внедрение ЕСМ будет включать в себя мероприятия по установке серверного приложения системы eDocLib стоимостью 20500 р., установку и адаптацию операционной системы сервера, требуемой для работы системы – 20500 р. Кроме того требуется услуга по сопровождению установки и адаптации сетевого программного обеспечения на приобретенном сервере, стоимость которой составит 6000 р.

Установку и адаптацию на рабочих местах будет осуществлять системный администратор предприятия, после прохождения соответствующего курса в процессе обучения.

Для корректной работы модуля документооборота следует осуществить адаптацию ПО на основе анализа информации предприятия и выработанных правил модификации системы под технологическую схему документооборота, стоимость данной услуги составит 20500 р.

Компания ЭОС предлагает следующий перечень услуг по адаптации ПО, которые необходимо АО «МордовАгроМаш» для внедрения системы:

- установка программного обеспечения;
- адаптация ПО и системы;
- сопровождение программного обеспечения по различным курсам.

На начальных этапах работы системы необходимо заполнить базовые справочники системы (подразделения, группы документов, группы пользователей и др.), данное мероприятие будет осуществляться компанией ЭОС и составит 5000 р. за 2 часа работы.

Таким образом, стоимость адаптации и внедрения системы составят 72500р.

Обучение пользователей будет проводиться с использованием курсов от компании-разработчика. Необходимо обучить следующих типов пользователей системой: системный администратор, который является сотрудником информационно-технологического бюро, которым в последующем предстоит устанавливать компоненты системы eDocLib. Данного сотрудника необходимо обучить Сопровождение ПО по вопросам, описанным в документации, по разделам курса Администратора базы данных системы eDocLib и по опции «Конфигуратор системы eDocLib», суммарный стоимость составит 47500 р. Кроме системного администратора следует пройти курс сотрудникам канцелярии, отдела кадров по теме «Автоматизированное делопроизводство и электронный документооборот», группе из 10 человек, 12 академических часов, цена которого составит 20500 р.

Для ознакомления с функционалом системы eDocLib следует провести обучение среди остальных пользователей в 2 группы по 10 человек, 20 академических часов, суммарная стоимость курсов составит 65000 р. Так, обучение сотрудников предприятия составит 133000 р.

Таким образом, можно рассчитать итоговые затраты на внедрение системы управления контентом eDocLib 298550 р.

Эффект от внедрения принято разделять на прямой, который связан с экономией ресурсов предприятия, и косвенный, предоставляющий организационные преимущества.

К косвенному эффекту относится получение предприятием следующих преимуществ:

1. Быстрый поиск нужной информации, который возможен за счет индексации корпоративного контента.
2. Повышение надежности хранения информации исключая потери и дублирование контента.
3. Создание отлаженной системы бизнес-процессов, позволяющей ускорить совместное создание, редактирование и утверждение документов.
4. Реализация системы учета персональной ответственности сотрудников за работу с документами;
5. Осуществление постоянного контроля доступа к информации.
6. Повышается скорость и качество обслуживания клиентов за счет ускорения движения информационных потоков и четкого контроля всех процессов.
7. Улучшается обеспечение всех сотрудников необходимой информацией.
8. Наличие средств работы с неструктурированной информацией позволят лучше учитывать потребности клиентов, что предоставит возможность привлечь новых потребителей и сохранить имеющуюся клиентскую базу.

К прямой выгоде от внедрения системы управления конвентом можно отнести экономию рабочего времени сотрудников, экономию на расходных материалах, канцтоварах, ксерокопиях и т.д.

Для расчета выгоды от внедрения ЕСМ воспользуемся статистическими данными, где приведено примерное количество времени, которое тратит среднестатистический сотрудник на выполнение основных операций с документами. Данные приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Время на выполнение операций с документами

Операция	Время выполнения «До», мин	Время выполнения «После», мин
Поиск и ожидание поступления документов	12	3
Передача документов между подразделениями	10	3
Регистрация документов	50	40
Создание и обработка документов	30	14
Итого:	102	60

Таким образом, общие трудозатраты на выполнение данных операций с документами после внедрения системы возможно сократились на 41%.

На основании приведенных данных оценим экономические потери предприятия до внедрения ЕСМ. Для этого рассчитаем среднюю стоимость одной минуты рабочего времени сотрудника на предприятии, используя среднюю заработную плату сотрудника предприятия (табл. 2).

Таблица 2 – Расчет стоимости рабочего времени сотрудника

Параметр	Значение
Средняя заработная плата, р.	22025
Количество рабочих дней в мес., дн.	21
Продолжительность рабочего дня, ч.	8
Средняя стоимость мин. рабочего времени, р.	2.18

Исходя из приведенных расчетов, следует, что стоимость минуты рабочего времени сотрудника составляет 2.18 р. После внедрения ЕСМ системы среднее время выполнения «рутинных» операций на одного сотрудника сократится на 42 мин (табл. 1). Таким образом, средние экономические потери на одного сотрудника составляют 91,56 р. в день. Выполнением подобных операций занимается 35 сотрудников предприятия, следовательно, финансовые потери в среднем на всех сотрудников в день составляют 3204,6 р, а в месяц с учетом только рабочих дней (23 дня) –73705,8 р.

Еще одним положительным эффектом от внедрения системы является сокращение затрат на канцтовары. Перевод бумажных документов в электронную форму позволит предприятию заметно уменьшить затраты на бумагу, расходные материалы, копировальное оборудование и прочие канцтовары. Помимо этого, сотруднику не придется тратить время на распечатку документов. В среднем, стоимость одного печатного листа составляет 0,5 р., если принять, что в день на сотрудника приходится 10 листов, то в расчете на всех сотрудников на данном предприятии тратится 175 р. в день, а в месяц 4025 р.

Таким образом, общая сумма экономии получаемой предприятием составит 77730,8 р. в месяц.

Для оценки экономической эффективности внедрения системы управления корпоративным контентом определим срок окупаемости системы. Находится данный показатель как отношение затрат на внедрение системы к годовому экономическому

эффекту, полученному после внедрения системы. Аналитически это отношение можно определить по формуле:

$$\text{Сок} = \frac{Зв}{Эп} \quad (1)$$

где Сок – срок окупаемости; Зв - затраты на внедрение; Эп – положительный эффект в годовом выражении.

С учетом формулы (1), исходя из того, что затраты на внедрение равны 298550 р., положительный эффект в годовом выражении составит 932769.6, то срок окупаемости составит 0,3 год или 3,6 месяца, что является положительным результатом.

Основным результатом внедрения ЕСМ, трудно поддающимся выражению в конкретных цифрах, является наведение порядка в работе с документами, повышение качества принимаемых решений, способствующих развитию производства, снижением или даже исключением вероятности возникновения ошибок, связанных с человеческим фактором, повышение общего уровня безопасности и сохранности информации, в том числе конфиденциальной.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Gartner [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.gartner.com/it-glossary/enterprise-content-management-ecm> (дата обращения: 20.05.2018).
2. Андреев В. История рынка СЭД. ЕСМ-платформ в России. – CONNECT. – Мир информационных технологий, 2017. – № 3. – С. 116-118.
3. Корнеев И.К. Информационные технологии в работе с документами. – Москва: Проспект, 2015. – 304 с.
4. Косиненко Н.С., Фризен И.Г. Информационные системы и технологии в экономике: учебное пособие. – М.: Дашков и К, 2017. – 303 с.
5. Криворотов К.В. ЕСМ-системы как инструмент повышения конкурентоспособности предприятия. Конкурентоспособность территорий: материалы XIX Всероссийского экономического форума молодых ученых и студентов; в 8 частях, 2016. – С. 81-84.
6. Сосунова М.В., Дюге Н.В. Тенденции российского рынка СЭД/ЕСМ-систем. Проблемы формирования единого пространства экономического и социального развития стран СНГ (СНГ-2016): материалы ежегодной международной научно-практической конференции. 2016. – С. 406-411.
7. Федотова Е.Л. Информационные технологии в профессиональной деятельности: учебное пособие. – М.: ИД ФОРУМ : НИЦ ИНФРА-М, 2015. – 368 с.
8. Чистов Д.В. Информационные системы в экономике: учеб. пособие. – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. – 234 с.
9. Шишов О.В. Современные технологии и технические средства информатизации : учеб. для студ. Вузов. – М.: ИНФРА-М, 2017. – 462 с.
10. ЭОС [Электронный ресурс]. – URL: https://www.eos.ru/eos_products/eos_eDocLib/ (дата обращения: 20.05.2018).

Бажанова Светлана Валерьевна

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева», г. Саранск

Кандидат психологических наук, доцент кафедры статистики эконометрики и информационных технологий в управлении

Тел.: 8 906 163 57 70

E-mail: svett_09@mail.ru

Курило Ирина Николаевна

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева», г. Саранск

Студент экономического факультета

Тел.: 8 951 055 25 37

E-mail: irina.kurilo2012@yandex.ru

S.V. BAZhANOVA (*Candidate of Psychological Sciences, Associate Professor of the Department of Statistics, Econometrics and Information Technologies*)

I.N. KURILO (*Student*)
Ogarev Mordovia State University, Saransk

THE FORMATION OF A CONTENT MANAGEMENT SYSTEM

The article deals with the issues of enterprise content management. The problems in this aspect are analyzed on the example of the machine-building industry. The authors identify the need to improve the content management systems by carrying out specific activities for the formation of the ECM system.

Keywords: *content; content management; ECM system; document management.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Gartner [Elektronnyj resurs]. – URL: <https://www.gartner.com/it-glossary/enterprise-content-management-ecm> (data obrashcheniya: 20.05.2018).
2. Andreev V. Istoriya rynka SED. ECM-platform v Rossii. – CONNECT. – Mir informacionnyh tekhnologij, 2017. – № 3. – S. 116-118.
3. Korneev I.K. Informacionnye tekhnologii v rabote s dokumentami. – Moskva: Prospekt, 2015. – 304 s.
4. Kosinenko N.S., Frizen I.G. Informacionnye sistemy i tekhnologii v ekonomike: uchebnoe posobie. – M.: Dashkov i K, 2017. – 303 s.
5. Krivorotov K.V. ECM-sistemy kak instrument povysheniya konkurentosposobnosti predpriyatiya. Konkurentosposobnost' territorij: materialy XIX Vserossijskogo ekonomicheskogo foruma molodyh uchenyh i studentov; v 8 chastyah, 2016. – S. 81-84.
6. Sosunova M.V., Dyuge N.V. Tendencii rossijskogo rynka SED/ECM-sistem. Problemy formirovaniya edinogo prostranstva ekonomicheskogo i social'nogo razvitiya stran SNG (SNG-2016): materialy ezhegodnoj mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. 2016. – S. 406-411.
7. Fedotova E.L. Informacionnye tekhnologii v professional'noj deyatel'nosti: uchebnoe posobie. – M.: ID FORUM : NIC INFRA-M, 2015. – 368 s.
8. Chistov D.V. Informacionnye sistemy v ekonomike: ucheb. posobie. – M.: NIC INFRA-M, 2015. – 234 s.
9. Shishov O.V. Sovremennye tekhnologii i tekhnicheskie sredstva informatizacii : ucheb. dlya stud. Vuzov. – M.: INFRA-M, 2017. – 462 s.
10. EOS [Elektronnyj resurs]. – URL: https://www.eos.ru/eos_products/eos_eDocLib/ (data obrashcheniya: 20.05.2018).

УДК 004.031.4

В.Н. ВОЛКОВ, И.С. КОНСТАНТИНОВ, А.А. СТЫЧУК, И.С. СТЫЧУК, С.В. ТЕРЕНТЬЕВ

СТРУКТУРА СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОБЛАЧНЫХ СИСТЕМ ХРАНЕНИЯ И ОБРАБОТКИ БОЛЬШИХ ДАННЫХ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОННЫХ УСЛУГ НАСЕЛЕНИЮ

В данной статье авторы проводят описание структуры системы обеспечения функционирования облачных систем хранения и обработки больших данных для реализации электронных услуг населению. Приводится описание диспетчера вызовов, подсистемы идентификации пользователя, подсистемы аутентификации пользователя, подсистемы управления сессиями, подсистемы авторизации, подсистемы управления пользователями, подсистемы управления виртуальной файловой системой, логического адреса узла виртуальной файловой системы.

Ключевые слова: облачные системы хранения данных; большие данные; автоматизация; информационные технологии; Интернет-сервис; электронные услуги населению.

Облачные хранилища данных – сервисы, предоставляющие возможность хранить свои файлы на удаленных серверах, а также получать к ним доступ из любой точки мира, где есть доступ в Интернет. В условиях стремительно растущих объемов хранимой и передаваемой информации данные сервисы стали популярны и востребованы пользователями [1].

При работе за компьютером пользователь использует множество инструментов, предназначенных для решения той или иной задачи. Эти инструменты отличаются функциональностью, принципами работы, пользовательским интерфейсом. Большинство прикладных программ используют файловую систему для хранения информации. Также файловая система используется для передачи данных из одной программы в другую [2].

Система обеспечения функционирования облачных систем хранения данных должна быть построена по клиент-серверной архитектуре (рис. 1). Основными элементами системы являются: клиент, система управления виртуальной файловой системой (ВФС) и системы хранения.

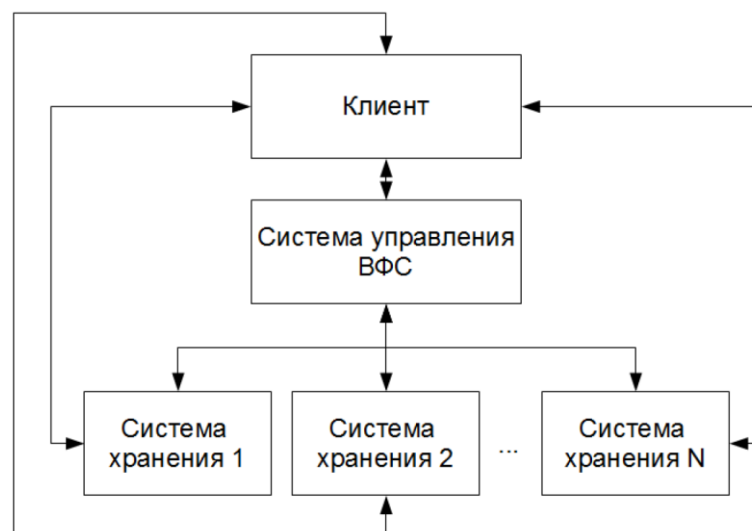


Рисунок 1 – Архитектура системы обеспечения функционирования облачных систем хранения данных

Проектируемая система решает следующие задачи:

1. Управление структурой виртуальной файловой системы. Пользователь работает с файловой системой как с множеством взаимосвязанных объектов.

2. Идентификация, аутентификация, управления доступом (авторизация). Каждый пользователь получает определенный набор полномочий, т.е. система учитывает класс пользователя.

3. Хранение данных пользователя на серверах сети Интернет. Учитывая то, что данные хранятся на серверах, не принадлежащих владельцу информации, необходимо обеспечить требуемый уровень защиты информации, а также гарантировать определенную степень надежности хранения.

Структура системы обеспечения функционирования облачных систем хранения данных представлена на рисунке 2.

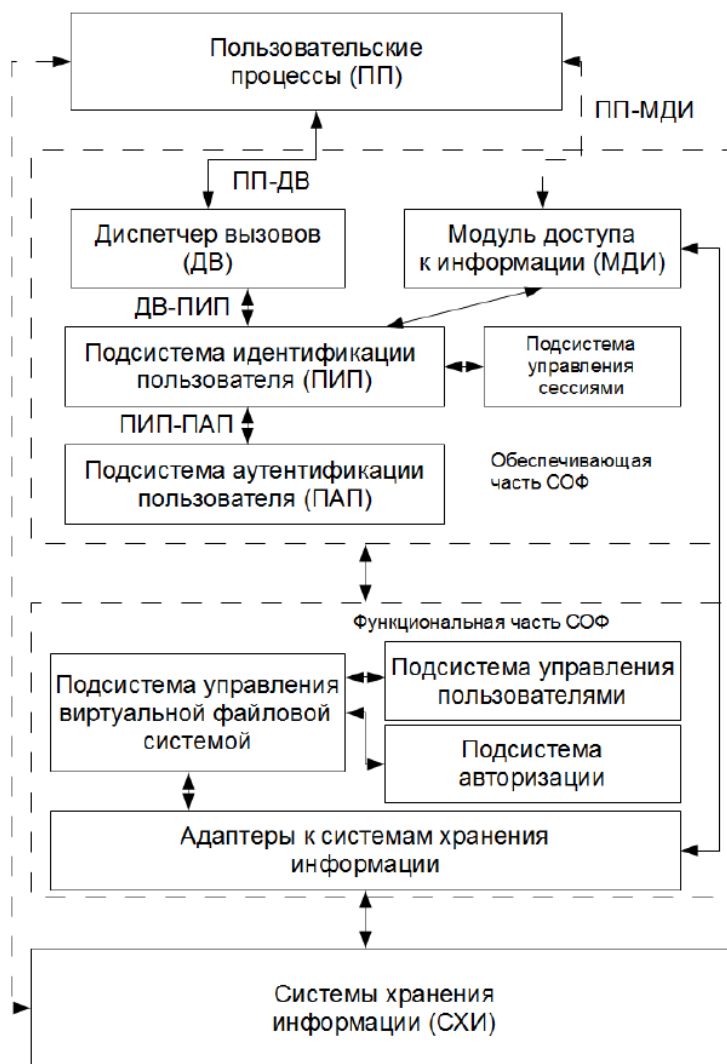


Рисунок 2 – Структура системы обеспечения функционирования облачных систем хранения данных

При построении системы использовались следующие принципы:

- основным объектом системы является файл; информационный обмен в этом случае осуществляется через обмен файлами;
- файл представляет собой объект с вполне определенным набором операций: создание, удаление, перемещение, открытие, чтение, запись, очистка, закрытие. В связи с этим инструменты для работы с файлами имеют простую структуру и просты в использовании;
- обработку файла можно выполнять при помощи любой программы, которая способна работать с информацией, хранимой в файле;

- пользователю очень просто ориентироваться в системе, которая представляет информацию в виде файлов. Файл зачастую ассоциируется с документом, что упрощает использование системы.

Сервер управления виртуальной файловой системой выполняет следующие функции:

- управление пользователями и контактными данными пользователя; прикладным пользовательским процессам нет необходимости организовывать собственную базу данных пользователей;

- управление виртуальной файловой системой и хранение данных. Прикладные процессы могут использовать систему для хранения любой необходимой информации. При этом система берет на себя обязанность по созданию резервных копий файлов, а также обеспечивает приемлемое время реакции на запросы пользователя;

- виртуальная файловая система содержит средства управления ключами, для реализации функций шифрования данных. Но сервер не имеет представления, каким методом были зашифрованы данные, а лишь предоставляет структуры для хранения необходимой пользовательскому процессу информации.

Пользовательские процессы, реализуемые клиентом, в общем случае выполняют следующие функции:

- шифрование/дешифрование данных;

- ведение закрытой базы данных ключей пользователя. Эта база данных содержит информацию, необходимую для доступа к зашифрованным данным и файлам, доступ к которым ограничен;

- выполняет аутентификацию в систему хранения информации для доступа к требуемому файлу;

- прикладные функции.

На верхнем уровне взаимодействия пользовательские процессы (ПП) используют функции системы через вызов соответствующих функций. Вызовы отправляются на обработку диспетчеру вызовов (ДВ), используя интерфейс ПП-ДВ.

Диспетчер вызовов осуществляет идентификацию, обращаясь к подсистеме идентификации. Если пользователь не может быть идентифицирован подсистемой аутентификации, выполняется аутентификация пользователя. Если пользователь не аутентифицирован, входящий вызов не обрабатывается, а пользовательский процесс извещается об этом.

В случае успешной идентификации пользователя, диспетчер вызовов выполняет маршрутизацию вызова в соответствующую функциональную подсистему, а затем передает результат вызова пользовательскому процессу.

Базовыми функциональными подсистемами являются подсистема управления виртуальной файловой системой и подсистема управления пользователями.

Подсистема управления виртуальной файловой системой должна удовлетворять следующим требованиям:

- хранить структуру виртуальной файловой системы пользователя;

- предоставлять средства управления этой структурой;

- управлять доступом к объектам файловой системы;

- хранить данные пользователя и предоставлять доступ к данным через открытый протокол.

Следует отметить, что существуют несколько способов доступа к хранимой информации:

1. Пользовательский процесс обращается к системе по интерфейсу ПП-МДИ. В этом случае система сама находит местоположение запрошенной информации и передает ее пользователю. Протокол ПП-МДИ может быть стандартизован.

2. Пользовательский процесс обращается напрямую к месту хранения информации, используя протокол ПП-СХИ. Интерфейс ПП-ДВ используется для определения местоположения необходимой информации (ссылки на нее).

Наиболее приемлемым является второй вариант, так как в этом случае распределяется нагрузка на каналы связи. Однако, второй вариант предполагает более сложную реализацию клиента, из чего следует более трудоемкий процесс поддержки.

Подсистема управления пользователями выполняет функции:

- регистрация пользователей;
- управление личной информацией пользователей;
- управление адресами пользователей;
- управление списком контактов пользователя;
- управление ролями пользователей.

В качестве системы хранения информации может выступать любая программно-аппаратная система. В функции системы хранения информации входит:

- хранение информации пользователя;
- кэширование информации.

Создание резервных копий может выполняться как подсистемой управления виртуальной файловой системой, так и средствами системы хранения информации.

Структура диспетчера вызовов представлена на рисунке 3.

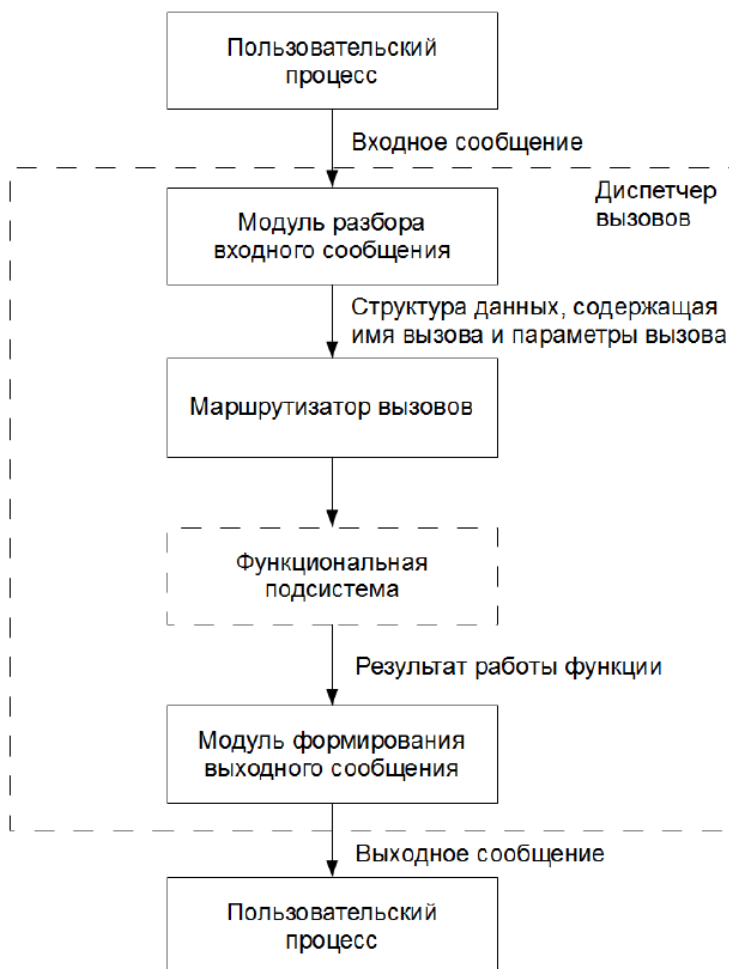


Рисунок 3 – Структура диспетчера вызовов

Диспетчер вызовов выполняет функции, описанные в таблице 1.

Языки L_{dv}^i и L_{dv}^o должны быть известны пользовательскому процессу. Необходимо отметить, что в зависимости от области применения, эти языки могут существенно отличаться от случая к случаю. Поэтому необходимо иметь возможность реализации любых входных и выходных языков.

Таблица 1 – Функции диспетчера вызовов

Название функции	Описание функции
Синтаксический анализ и разбор текста запроса	Запрос пользователя, описанный на конкретном языке запросов L_{dv}^i , разбирается, в результате чего формируется структура данных, содержащая имя вызываемой функции N_c и аргументы A_c .
Идентификация пользователя	Идентификация пользователя предполагает получение имени пользователя, от лица которого будет выполняться запрос.
Маршрутизация вызова	Управление передается той функциональной подсистеме, которая реализует функцию с именем N_c .
Упаковка результата	После обработки запроса функциональная подсистема возвращает управление диспетчеру вызовов, который формирует ответ, описанный на языке ответов L_{dv}^o . Ответ в последствии передается пользовательскому процессу.

Подсистема идентификации пользователя выполняет функцию идентификации пользователя, то есть определения соответствия сессионного адреса какому-то пользователю системы.

Подсистема аутентификации пользователя выполняет аутентификацию пользователя, используя для идентификации данные, структура которых определяется методом аутентификации. Система может поддерживать множество методов аутентификации.

Подсистема идентификация реализует следующие операции:

- аутентификация пользователя;
- изменение идентификационных данных.

Подсистема управления сессиями управляет сессионными адресами пользователя, для чего реализуются следующие операции:

- открыть сессию;
- закрыть сессию;
- получить адрес пользователя, связанного с сессией;
- получить список открытых сессий;
- получить список открытых сессий, связанных с определенным ресурсом.
- изменить параметры сессии;
- получить параметры сессии;
- установить значение переменной;
- получить значение переменной;
- удалить переменную.

Подсистема авторизации выполняет функции управления доступом.

Подсистема управления пользователями выполняет следующие функции:

- создание пользователя;
- удаление пользователя;
- блокировка/разблокировка пользователя;
- поиск пользователя;
- управление идентификационными данными пользователя (паролем);
- управление личной информацией пользователя;
- управление списком контактов пользователя.

Структуру подсистемы управления виртуальной файловой системой представим в виде иерархии (рис. 4).

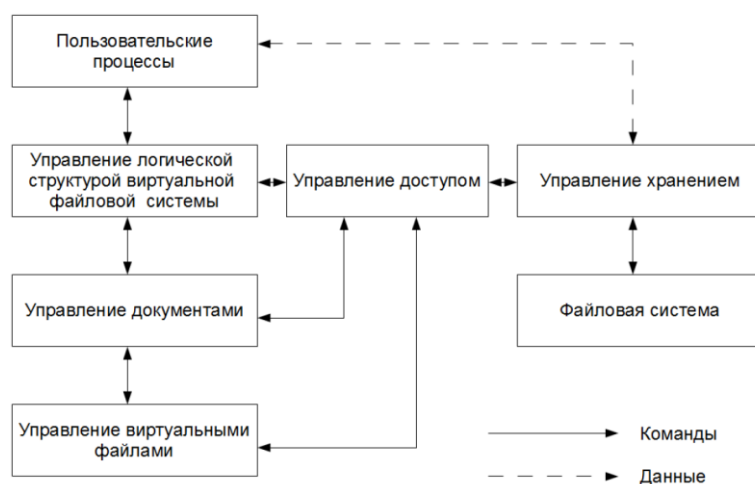


Рисунок 4 – Структура подсистемы управления виртуальной файловой системой

Самым верхний уровень подсистемы управляет структурой виртуальной файловой системы. Этот уровень отвечает за выполнение следующих операций:

- создание каталога (create_catalog);
- создание документа (create_document);
- создание новой версии документа (create_document_version);
- удаление версии документа (delete_document_version);
- блокировка версии документа (block_document_version);
- удаление узла (delete);
- перемещение узла (move);
- получение дерева узлов, вложенных в узел-каталог (subtree);
- преобразование полного имени узла в адрес узла (find_node);
- получение адреса расположения документа (get_file_address);
- управление атрибутами каталога;
- управление атрибутами документа;
- управление атрибутами виртуального файла;
- управление правами доступа.

Уровень управления документами отвечает за выполнение следующих операций:

- создание документа;
- удаление документа;
- создание новой версии документа;
- удаление версии документа;
- управление атрибутами документа;
- управление правами доступа к документу.

Уровень управления виртуальными файлами включает операции:

- создание виртуального файла;
- удаление виртуального файла;
- преобразование адреса виртуального файла в адрес хранения;
- управление атрибутами виртуального файла;
- управление правами доступа к виртуальному файлу.

Уровень управления хранением взаимодействует с файловой системой. На этом уровне выполняется работа с данными пользователя, хранящимися в файлах. Основными операциями являются:

- чтение данных (read);
- запись данных (write).

Уровень управления хранением взаимодействует с модулем управления доступом для разграничения доступа к данным. Текущий (актуальный) режим доступа для текущего пользователя определяется исходя из прав доступа, связанных с узлом, документом и виртуальным файлом.

На уровне управления логической структурой виртуальной файловой системы пользователь работает с узлами. Для адресации узлов используется логический адрес узла. Формат логического адреса узла зависит от логической организации виртуальной файловой системы.

Логический адрес узла скрывает особенности адресации объектов на других уровнях системы управления ВФС. Так как с этим адресом работает пользователь, он должен быть точно определен. Изменение формата логического адреса узла приведет к изменению реализации пользовательских процессов.

Сформулируем требования, предъявляемые к логическому адресу узла:

- адрес должен представляться в виде строки;
- формат адреса должен позволять адресацию вложенных объектов;
- учитывая, что в системе может использоваться множество файловых систем, для каждой из которых задан свой формат логического адреса узла, необходимо включать в адрес информацию об используемой файловой системе.

В общем случае логический адрес узла представляется в виде списка имен объектов:

$$n_1, n_2, \dots, n_m, \quad (1)$$

где n – имя объекта i -го уровня иерархии, причем n вложен в n_{i-1} .

Для получения списка имен объектов логический адрес узла, заданный в виде строки, должен быть распознан модулем распознавания логического адреса.

После распознавания логического адреса узла должен быть выполнен поиск узла. Функцию поиска узла по логическому адресу реализует модуль поиска узла. Модуль поиска узла реализует функцию f_N .

К найденному узлу могут быть применены необходимые операции. Набор допустимых операций различается в зависимости от типа узла.

Модуль доступа к информации реализует операции записи и чтения пользовательских данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волков В.Н., Стычук А.А., Стычук И.С. Анализ возможностей облачных систем хранения данных при реализации и сопровождении электронных услуг населению // Аригиевские чтения по теме: «Формирование новой парадигмы экономического мышления XXI века»: материалы Международной научно-практической конференции, 21-23 марта 2018 года, г. Орел. – Орел: ОГУ им. И.С. Тургенева, 2018. – С. 165-173.
2. Волков В.Н. и др. Анализ методов и средств организации облачных систем хранения и обработки больших данных для реализации электронных услуг населению / В.Н. Волков, Д.В. Рыженков, А.А. Стычук, И.С. Стычук // Информационные системы и технологии. – Орел: ОГУ им. И.С. Тургенева, 2019. – № 4(114). – С. 30-39.

Волков Вадим Николаевич

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г. Орел
Кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой информационных систем
Тел.: 8 (4862) 43-49-56
E-mail: vadimvolkov@list.ru

Константинов Игорь Сергеевич

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г. Орел
Доктор технических наук, профессор, профессор кафедры программной инженерии
Тел.: 8 (4862) 43-49-56
E-mail: konstantinovi@mail.ru

Стычук Алексей Александрович

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г. Орел
Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры информационных систем
Тел.: 8 (4862) 43-49-56
E-mail: stichuck@yandex.ru

Стычук Ирина Сергеевна

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г. Орел
Аспирант кафедры программной инженерии
Тел.: 8 (4862) 43-49-56
E-mail: irinastychuk@rambler.ru

Терентьев Сергей Викторович

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г. Орел
Кандидат экономических наук, доцент кафедры информационных систем
Тел.: +7 (4862) 43-49-56
E-mail: terser76@inbox.ru

V.N. VOLKOV (*Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor,
Head of the Department of Information Systems*)

I.S. KONSTANTINOV (*Doctor of Engineering Sciences, Professor,
Professor of Software Engineering Department*)

A.A. STY'CHUK (*Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Information Systems*)

I.S. STY'CHUK (*Post-graduate Student of Software Engineering Department*)

S.V. TARENT'EV (*Candidate of Economic Sciences,
Associate Professor of the Department of Information Systems
Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel*)

**STRUCTURE OF THE SYSTEM OF ENSURING FUNCTIONING OF CLOUD SYSTEMS
OF STORAGE AND PROCESSING OF THE BIG DATA FOR REALIZATION
OF ELECTRONIC SERVICES TO THE POPULATION**

In this article authors carry out structure declaration of the system of ensuring functioning of cloud systems of storage and processing of the big data for realization of electronic services to the population. The description of the manager of calls, subsystems of user identification, a subsystem of user authentication, a subsystem of management of sessions, subsystems of authorization, a subsystem of management of users, subsystems of management of virtual file system, a logical node address of virtual file system is provided.

Keywords: *cloud systems of data storage; big data, automation; information technologies; Internet service; electronic services to the population.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Volkov V.N., Stychuk A.A., Stychuk I.S. Analiz vozmozhnostej oblačnyh sistem hraneniya dannyh pri realizacii i soprovozhdenii elektronnyh uslug naseleniyu // Arrigievskie chteniya po teme: «Formirovanie novej paradigmy ekonomicheskogo myshleniya XXI veka»: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, 21-23 marta 2018 goda, g. Orel. – Orel: OGU im. I.S. Turgeneva, 2018. – S. 165-173.
2. Volkov V.N. i dr. Analiz metodov i sredstv organizacii oblačnyh sistem hraneniya i obrabotki bol'shih dannyh dlya realizacii elektronnyh uslug naseleniyu / V.N. Volkov, D.V. Ryzhenkov, A.A. Stychuk, I.S. Stychuk // Informacionnye sistemy i tekhnologii. – Orel: OGU im. I.S. Turgeneva, 2019. – № 4(114). – S. 30-39.

УДК 004.94

В.Ю. КАРА-УШАНОВ, Б.Г. ШОКИРОВ

**ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ НАУЧНЫМИ ПУБЛИКАЦИЯМИ
В НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОМ МЕДИЦИНСКОМ ЦЕНТРЕ «БОНУМ»**

В работе выполнен структурный анализ бизнес-процессов управления научными публикациями медицинского учреждения. По результатам анализа произведена реорганизация этой деятельности. Создана база данных библиометрических показателей, а также OLAP-система для многомерного анализа публикационной активности сотрудников.

Ключевые слова: управление научными публикациями; библиометрические показатели; публикационная активность; функциональное моделирование; система управления научными публикациями; база данных; OLAP-система.

Научные публикации играют важную роль в деятельности учебных и научных заведений. С их помощью распространяются последние достижения научных работников. В их количестве и качестве отражается эффективность выполнения научных работ. Управление научными публикациями необходимо для своевременного отслеживания состояния научно-исследовательской деятельности и внесения в нее корректив.

Проблемы управления научными публикациями остаются актуальными и в деятельности научно-практического центра (НПЦ) «Бонум». «Бонум» – это многофункциональная организация, это и государственное бюджетное учреждение здравоохранения, и детская клиническая больница восстановительного лечения, и научно-практическая организация. [1]

Главной задачей коллектива Центра является своевременное оказание специализированной, в том числе высокотехнологичной, медицинской помощи детям и взрослым.

Цель работы центра заключается в предотвращении инвалидности или снижении тяжести заболевания у ребенка-пациента.

Кроме основных медицинских направлений, Центр осуществляет и научные исследования. Исследовательская деятельность НПЦ «Бонум» реализуется в пяти областях науки: медицинской, психолого-педагогической, социальной, экономической, информационно-технической.

Организацией научно-исследовательских и проектных работ в Центре занимается отдел координации научных исследований и новых технологий. Одной из важнейших функций отдела является учет публикационной активности сотрудников Центра.

Жизненный цикл публикаций начинается в тот момент, когда автор решает опубликовать свою работу и состоит из множества этапов, каждый из которых способствует формированию научной целостности работ и объективности представленных в ней данных.

При оценке результативности научно-исследовательской деятельности обычно используются библиометрические показатели оценки эффективности науки, в том числе количество публикаций в престижных журналах, индикаторы цитирования, наличие патентов, участие в конференциях и организация международных форумов, соавторство с зарубежными учеными и другие. Все эти показатели являются важными для оценки эффективности научной работы сотрудников и коллектива Центра в целом.

Предпосылки для исследования предметной области как системы были формализованы в виде ее концептуальной модели. Концептуальная модель рассматривается как множество понятий и связей между ними, являющихся смысловой структурой рассматриваемой предметной области.

Для описания концептуальной модели был использован фреймовый формализм, а именно описание концептуальной модели в соответствии с ролевым фреймом [2]:

$$K = \langle \text{ОФС, ПРОФ, СОС, НФ, ЦФ} \rangle,$$

где К – концепция; ОФС – основные функции системы; ПРОФ – путь реализации основных функций; СОС – структурная основа системы; НФ – направленность функционирования; ЦФ – цель функционирования.

Рассмотрим составляющие концептуальной модели.

Основные функции системы:

- сбор и хранение данных о научных публикациях;
- учет и анализ публикационной активности;
- отслеживание состояния статуса публикаций.

Пути реализации основных функций:

- создать базу данных для хранения данных о научных публикациях;
- создать программу для внесения оперативных данных;
- разработать интерфейс пользователя в виде экранных форм для реализации актуальных запросов;
- обеспечить возможность анализа публикационной активности сотрудников.

Структурная основа системы:

- база данных о научных публикациях;
- специализированное программное обеспечение.

Направленность системы:

- интеграция данных о научных публикациях;
- совершенствование контроля за научными публикациями;
- организация возможности оперативного анализа данных.

Цель функционирования:

- координация публикационной активности сотрудников;
- сокращение ресурсов и затрат на ручные операции.

Для представления о структуре деятельности по управлению научными публикациями НПЦ «Бонум» был выполнен ее функционально-структурный анализ на основе методологии IDEF0. Результаты анализа действующей системы были систематизированы в виде модели типа «как есть» (AS-IS), с помощью которой были установлены «узкие места» в организации управления научными публикациями:

- отчеты о результатах работы формируются вручную;
- не ведется контроль состояния статуса публикации на протяжении ее жизненного цикла;
- затруднен учет библиометрических показателей;
- анализ публикационной активности сотрудников усложняется отсутствием единой информационной базы.

На основе критического анализа действующей системы бизнес-процессов была разработана модель типа «как будет» (TO-BE). В ходе дальнейшего моделирования, как оказалось, управление научными публикациями предполагает выполнение следующих основных функций:

- публиковать работу;
- анализировать данные о публикациях;
- использовать библиотеку.

Диаграмма декомпозиции процесса управления публикациями приведена на рисунке 1.

Публикация работы выполняется по традиционной схеме: написание работы, выбор издателя, подготовка работы к публикации, рецензирование и публикация. Интерес представляет контроль состояния работы в этом процессе.

Работа библиотеки также выполняется по традиционной схеме и включает комплектование библиотеки печатными публикациями и абонементное обслуживание.

Желательно информацию об абонентах и движении печатных публикаций хранить не только в бумажном, но и в электронном виде.

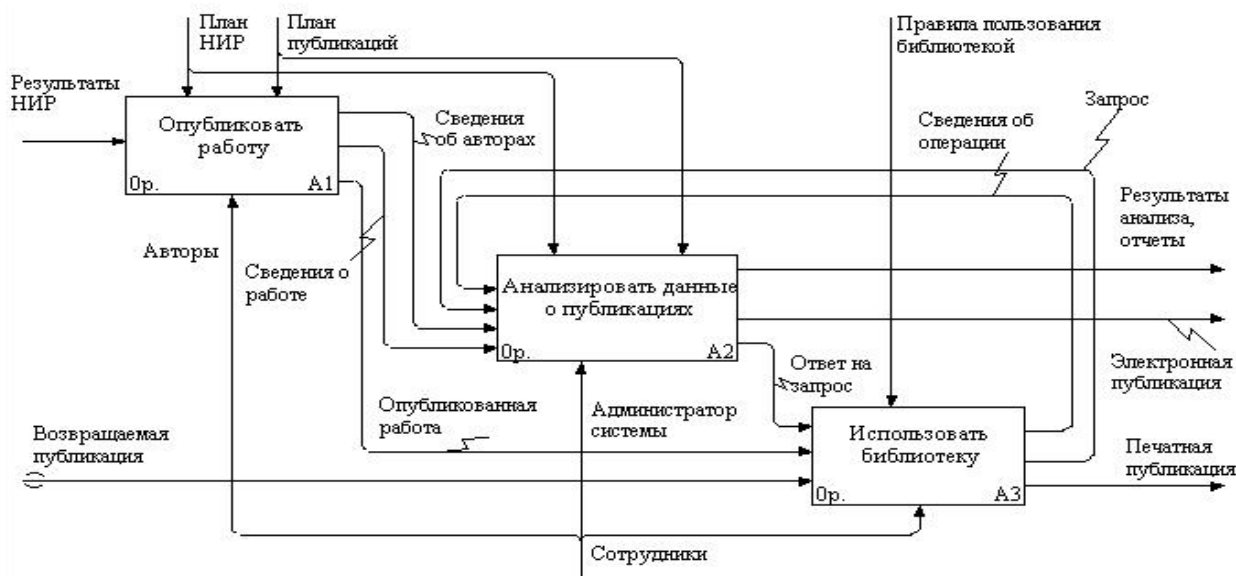


Рисунок 1 – Диаграмма декомпозиции процесса управления публикациями

В процессе анализа данных о публикациях возникают выше упомянутые проблемы, которые и предполагалось устранить на основе инновации и совершенствования деятельности по управлению публикациями.

Диаграмма декомпозиции актуальной функции «Анализировать данные о публикациях» представлена на рисунке 2. По результатам анализа было принято решение о совершенствовании действующей системы анализа публикационной активности. Выделенные функциональные блоки представляют элементы модернизации.

В результате библиографического поиска и сравнения известных инструментальных средств решения проблем [3-7] было установлено, что существующие системы не могут быть использованы для учета и анализа научных публикаций в НПЦ «Бонум» непосредственно, в основном ввиду их функциональной избыточности, сложности управления, высокой стоимости. Для преодоления трудностей было принято решение о реорганизации деятельности по управлению научными публикациями на основе информационной системы учета и анализа научных публикаций, учитывающей специфику НПЦ «Бонум».

В результате анализа актуальной информации и общения с экспертом предметной области были выявлены основные требования к информационной системе по управлению научными публикациями:

- возможность быстрого и удобного ввода данных о научных публикациях;
- возможность ведения справочников;
- возможность оперативного анализа по актуальным запросам;
- возможность анализа публикационной активности сотрудников.

Основными направлениями совершенствования управления научными публикациями были признаны создание интегрированной базы данных о публикациях и использование OLAP-технологии многомерного (многоаспектного) анализа актуальных данных.

Структура реляционной базы данных была спроектирована с учетом упомянутых требований.

В составе даталогической модели таблицы базы данных можно разделить на 3 группы:

- таблицы, содержащие входные данные о научных публикациях;
- таблицы, содержащие информацию о библиотечных публикациях;
- таблицы, содержащие справочную информацию.

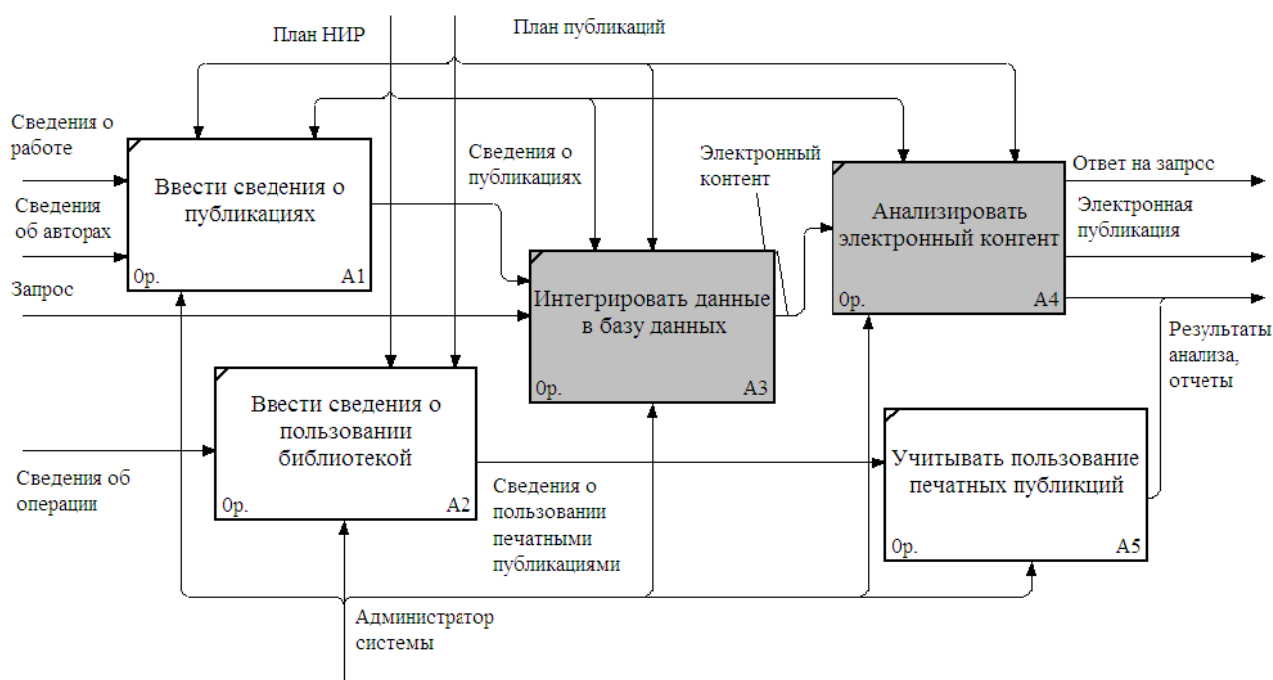


Рисунок 2 – Диаграмма декомпозиции блока «Анализировать данные о публикациях»

По заданию заказчика база данных была спроектирована с использованием CASE-системы ERwin в формате СУБД MS Access. Для реализации клиентской части использовалась среда быстрой разработки приложений Borland Builder C++.

Структура базы данных была спроектирована и разработана с учетом потребности всех разрабатываемых модулей системы, что в дальнейшем значительно облегчило их интеграцию в общую информационную среду.

При входе в систему пользователь проходит процедуру аутентификации в соответствии с уровнем его компетенции.

Ввод данных осуществляется администратором системы по мере необходимости при помощи специальной формы. Для контроля корректности ввода данных используются справочники параметров. В список справочников входят: авторы, журналы, сборники, издательства, типы. Пополнение, просмотр и редактирование справочников также осуществляется посредством специальных форм.

Для выполнения оперативного анализа данных по запросам используется специальная форма (рис. 3) поиска данных по нескольким критериям: по фамилии автора, по названию журнала, по типу работы, по типу журнала (издание ВАК), по сотрудникам Центра, по годам, по статусу и по другим параметрам.

Для анализа публикационной активности сотрудников представляется полезной многомерная модель данных в виде OLAP-кубов. Источником данных для куба является параметрический SQL-запрос. Параметрами запроса в нашем случае послужили: структурное подразделение, ученая степень, должность, фамилия автора, год и тип публикации, и другие параметры, образующие измерения гиперкуба. В ячейках гиперкуба вычисляется количество публикаций. Интерфейс гиперкуба должен давать возможность его интерактивной настройки на условие конкретного контекстного запроса. Открытие, закрытие, перемещение отдельных измерений куба возможно с помощью стандартных средств панели размерностей. В зависимости от контекста анализа данных пользователь имеет возможность самостоятельно настраивать иерархическую структуру сводной таблицы.

В сводной таблице (рис. 4) представлено в количественном выражении распределение публикаций по типам (материалы конференций, патенты и авторские свидетельства, публикации в сборниках трудов и в научных журналах, учебные пособия), по должностям (степеням) сотрудников, по годам и по персонам авторов. По каждому сотруднику и по

отдельным категориям сотрудников видно, как обстоят дела с их публикационной активностью по типам публикаций в динамике по годам.

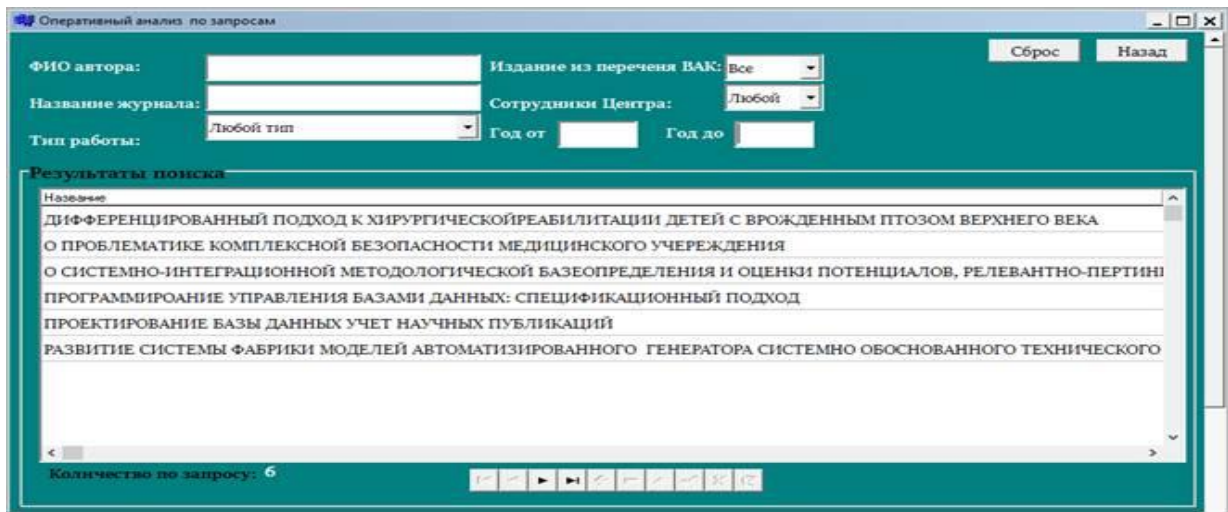


Рисунок 3 – Форма оперативного анализа данных по запросам

Используя операцию среза, можно подготовить данные для анализа по конкретному отделу, конкретной категории сотрудников и по любому конкретному сотруднику и другим измерениям гиперкуба с учетом распределения показателей по времени.

Сводная таблица запроса может быть дополнена ее наглядным визуальным представлением в виде сводной диаграммы. На рисунке 4 в качестве примера представлены результаты анализа публикационной активности сотрудников Центра по типам работ в количественном выражении. Цветные полосы диаграмм с накоплением иллюстрируют вклад каждого сотрудника.

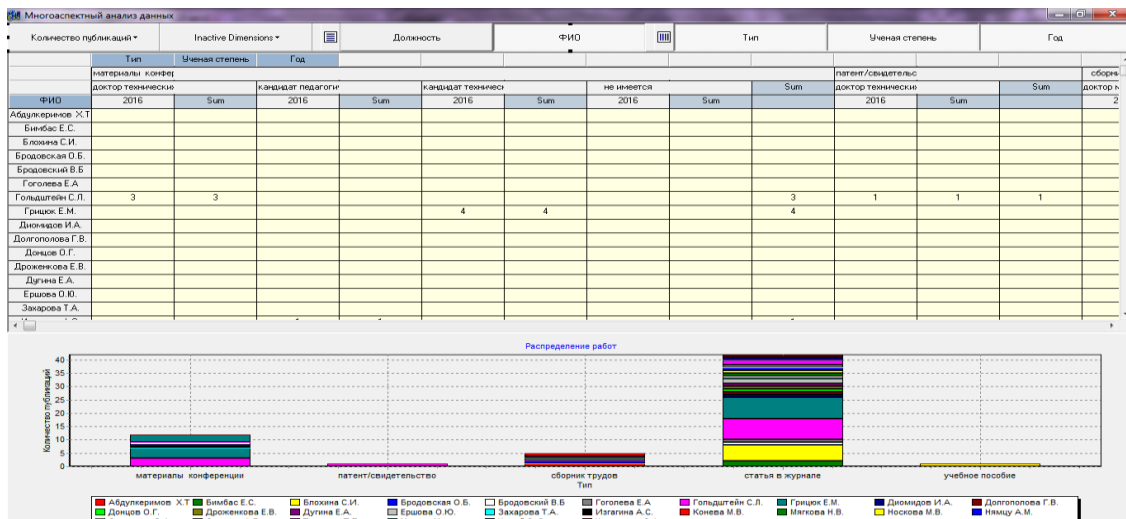


Рисунок 4 – Результаты анализа публикационной активности сотрудников по типу работ

Опытная эксплуатация разработки показала, что система учета и анализа научных публикаций в НПЦ «Бонум» обеспечит возможность ведение единой базы публикаций, всестороннего анализа публикационной активности сотрудников, уменьшит трудовые и временные затраты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Официальный сайт НПЦ «Бонум» [Электронный ресурс]. – URL: <http://bonum.info> (дата обращения: 19.09.2018).

2. Гольдштейн С.Л., Ткаченко Т.Я. Введение в системологию и системотехнику. – Екатеринбург: ИРРО, 1994. – 198 с.
3. Программная разработка «Бит. Наука» [Электронный ресурс]. – URL: <https://burg.1cbit.ru/1csoft/modul-nauka> (дата обращения: 19.09.2018).
4. Информационная система «Pure» [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.elsevier.com/solutions/pure> (дата обращения: 19.09.2018).
5. Система «1С: Издательство» [Электронный ресурс]. – URL: <http://solutions.1c.ru/catalog/publishing-office/features> (дата обращения: 19.09.2018).
6. Информационная аналитическая система «Истина» [Электронный ресурс]. – URL: <https://istina.msu.ru/> (дата обращения: 19.09.2018).
7. Информационная система «Издания» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.ict-systems.ru/publications.htm> (дата обращения: 19.09.2018).

Кара-Ушанов Владимир Юрьевич

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»,
г. Екатеринбург
Кандидат физико-математических наук, доцент
Тел.: 8 (343) 375-46-06
E-mail: v.kara-ushanov@mail.ru

Шокиров Бахтиерджон Гуфроневич

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»,
г. Екатеринбург
Магистрант
Тел.: 8 905 805 02 00
E-mail: bakha0005@yandex.ru

V.Yu. KARA-USHANOV (*Candidate of Physico-mathematical Sciences, Associate Professor*)

B.G. SHOKIROV (*Master Student*)

Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg

**INFORMATION SYSTEM OF MANAGEMENT OF SCIENTIFIC PUBLICATIONS
IN SCIENTIFIC-PRACTICAL MEDICAL CENTER «BONUM»**

In this work structural analysis of business processes of management of scientific publications of medical institution is carried out. Based on the results of the analysis, this activity was reorganized. A database of bibliometric indicators has been created, as well as an OLAP-system for multidimensional analysis of employees' publication activity.

Keywords: *management of scientific publications; bibliometric indicators; publication activity; functional modeling; scientific publications management system; database, OLAP-system.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Oficial'nyj sajt NPC «Bonum» [Elektronnyj resurs]. – URL: <http://bonum.info> (data obrashcheniya: 19.09.2018).
2. Gol'dshtejn S.L., Tkachenko T.YA. Vvedenie v sistemologiyu i sistemotekhniku. – Ekaterinburg: IRRO, 1994. – 198 s.
3. Programmnaya razrabotka «Bit. Nauka» [Elektronnyj resurs]. – URL: <https://burg.1cbit.ru/1csoft/modul-nauka> (data obrashcheniya: 19.09.2018).
4. Informacionnaya sistema «Pure» [Elektronnyj resurs]. – URL: <https://www.elsevier.com/solutions/pure> (data obrashcheniya: 19.09.2018).
5. Sistema «1C: Izdatel'stvo» [Elektronnyj resurs]. – URL: <http://solutions.1c.ru/catalog/publishing-office/features> (data obrashcheniya: 19.09.2018).
6. Informacionnaya analiticheskaya sistema «Istina» [Elektronnyj resurs]. – URL: <https://istina.msu.ru/> (data obrashcheniya: 19.09.2018).
7. Informacionnaya sistema «Izdaniya» [Elektronnyj resurs]. – URL: <http://www.ict-systems.ru/publications.htm> (data obrashcheniya: 19.09.2018).

УДК 004.42

И.В. ЛИЩУК, Д.А. САВКИН

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ В ЦЕНТРАХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ГРАЖДАН

Статья посвящена актуальным вопросам использования современных программных продуктов. Образование нуждается в изучении разных подходов повышения эффективности обслуживания посетителей в центрах обращений граждан. В статье рассмотрена процедура обработки очереди ожидания, разработан алгоритм автоматического распределения обращений с учетом определяющих факторов. Представлена система контроля и мониторинга работы для руководителей данных структур.

Ключевые слова: центр обращений граждан; реляционная база данных; обработка обращения; сервер очереди.

Актуальность исследования подтверждается распоряжением Правительства РФ № 1815-р в котором утверждена Государственная программа РФ «Информационное общество (2011-2020 годы)». Глобальная цель программы – вывести Россию в одну из ведущих мировых держав по развитию информационных технологий, а также в число первых двадцати стран мира по уровню развития информационных систем в государственном управлении. Одной из задач, указанных в паспорте данной программы, является «развитие сервисов для упрощения процедур взаимодействия общества и государства с использованием информационных технологий» [7, 8].

Государственное управление является важной формой реализации государственной власти, а постоянное повышение его эффективности с упорядочением общественных отношений в соответствии с нормами права – важнейшей целью существования государства [6].

Большинство из параметров эффективности государственного управления напрямую зависят от процесса информационного взаимодействия с гражданами, перевода муниципальных и государственных услуг в электронный вид, развития инфраструктуры доступа к сервисам электронного правительства, создания и развития МФЦ, центров обращений для граждан. На современном этапе развития общества центры обращений граждан стали весьма популярны. Граждане имеют возможность с помощью данных центров получить консультацию, подать документы на оформление государственных услуг, узнать информацию о государственных и муниципальных платежах или совершить другой вид обращений. Однако в данных центрах обслуживается, как правило, большое количество клиентов, и ожидание гражданами своей очереди чаще всего оказывается слишком долгим, что является проблемой данных организаций. Анализ литературы показал, что на скорость обработки обращений влияет «удельная доля вызовов обслуживаемых по технологии с коммутацией пакетов, что приводит к перегрузкам в сети, увеличивая время ожидания абонента в очереди к оператору» [9].

В связи с этим, автоматизация таких процессов, как выбор и назначение оптимального исполнителя для поставленной задачи, даст возможность уменьшить время ожидания клиента, что приведет к уменьшению количества не обработанных обращений. В то же время мониторинг и статистика работы исполнителей даст возможность руководителям определить активность и продуктивность своих подчинённых.

Таким образом, целью работы является разработка системы автоматического распределения задач между исполнителями в центре обращений граждан с использованием современных программных продуктов. В связи с указанной целью, необходимо решить следующие задачи:

1. Выявить факторы, определяющие скорость и качество обработки заявки.

2. Разработать систему автоматического распределения обращений с использованием современных продуктов и с учетом определяющих факторов.

В исследовании используются методы современной и классической теории управления: методы теории оптимального управления многообъектными многокритериальными системами, исследования операций и принятия решений, методы системного анализа.

Анализ литературы по теории управления при решении первой задачи по выявлению факторов, определяющих скорость и качество обработки заявки, показал, что именно иерархическая структура управления обеспечивает оперативность принятия и реализацию управленческих решений [1, 2, 3, 4]. Данная организация управления исключает дублирование полномочий, противоречивость распоряжений, обеспечивает единство и четкость решения задач. Все полномочия и обязанности однозначно распределены, что поддерживает в коллективе необходимую дисциплину. Иерархическая структура управления повышает ответственность руководителя за результаты деятельности подразделения, а «управление кадровым потенциалом подразумевает приведение в соответствие способностей работников и целей организации». [7].

В то же время решение первой задачи связано с выявлением факторов, ориентирующих на эффективность работы системы. Обычно оператор сам выбирает себе обращение, что замедляет очередь. Для ускорения обработки запроса, системе предлагается ввод автоматического определения исполнителя из кадрового состава. При этом необходимо определить рейтинг сотрудников по следующим критериям: профессиональная компетенция в области запроса, занятость на момент запроса, скорость, приоритет задачи.

После анализа бизнес-процесса обработки задачи, выявлены следующие факторы, влияющие на скорость обработки заявки:

- корректность и точность в оформлении запроса;
- профессиональная компетенция сотрудника;
- удобная навигация информационных систем;
- полная база данных;
- поддержка технических служб;
- личная мотивация сотрудника к работе;
- скорость работы;
- занятость сотрудника на момент запроса;
- приоритет задачи.

Решение второй задачи разработки автоматического распределения обращений с учетом определяющих факторов, представляет синтез различных технологий. «Задача принятия решений – одна из самых распространенных задач в любых предметных областях. Её решение сводится к выбору лучших альтернатив из некоторого набора» [5].

Система автоматического распределения обращений представлена на языке PHP на фреймворке Yii2, где присутствует стандартная библиотека PHP (SPL). Выбор объектно-ориентированного фреймворка Yii2 обусловлен следующими преимуществами:

- использует общие рамки Web программирования;
- представляет собой компонентную структуру и сложную систему кэширования;
- подходит для разработки масштабных приложений таких как портал, CMS системы, форумы, различные сервисы;
- использует MVC (Model-View-Controller) шаблон проектирования;
- имеется статическое связывание;
- есть как русскоязычный, так и англоязычный форум поддержки разработчиков.

Шаблон проектирования модель-представление-контроллер (MVC) лежит в основе Yii приложения. В понятие модели входят данные, бизнес логика и бизнес правила. За корректное отображение информации, полученной из моделей, отвечают представления. Контроллеры в свою очередь принимают и обрабатывают входные данные от пользователя, преобразовывают их в формат модели и отвечают за отображение необходимого

представления. Все классы находятся в одном пространстве имен, полностью совместимых с PSR-4. Yii также дает возможность задавать алиасы (aliases), что упрощает использования пространств имен.

Ускорение распределения поступивших задач обусловлено использованием сервера очередей Beanstalk (параллельная обработка очереди). Корректность и точность данных обусловлена жесткой валидацией. Проверка на соответствие задачи происходит по показателям:

Задача, как объект имеет следующие обязательные поля:

- заголовок – краткое описание поставленной задачи;
- описание – текст, описывающий суть задачи в полном объеме;
- отдел – так как список исполнителей структурирован по направлениям и специализациям, необходимо выбрать специализацию задачи;
- данные клиента – необходимые данные для связи с клиентом (ФИО, номер телефона), чтобы уточнить не указанные в описании задачи пункты, а также оповестить о результате обработки;
- приложения – прикрепления необходимых документов, фотографий.

После сохранения задачи, удовлетворяющей всем критериям, в базу данных, она моментально поступает в очередь. В очереди происходит обработка данных задачи, по указанным обязательным пунктам выбирается отдел, в который задача должна поступить. Для того, чтобы сократить время обработки задачи, исполнитель сразу выбирается системой. При выборе оптимального исполнителя, все факторы имеют свое значение, что позволяет регулировать их значимость.

Однако, во время поиска исполнителя задачи, время необработанных заявок увеличивается, в связи с этим, используется многопоточный сервер очередей Beanstalk. Алгоритм обработки очереди с использованием Beanstalk представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Алгоритм обработки очереди

В результате при высокой нагрузке работа сервера Beanstalk позволяет сокращать время обработки очереди. Распараллеливание обработки очереди исключило проблему простаивающих обращений, и задача после создания сразу поступала к оптимальному исполнителю.

Система оповещений включается при поступлении обработчику (worker) новой задачи в виде e-mail письма или sms-сообщения. Система оповещения разработана так же с помощью сервера очередей Beanstalk. Оповещение сотрудников и их руководителей происходит регулярно.

Таким образом, общий алгоритм обработки заявки следующий (рис. 2):

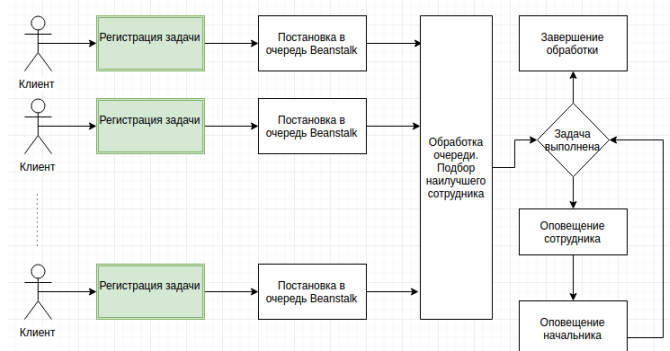


Рисунок 2 – Алгоритм выполнения обращения

Главным инструментом в системе является мониторинг и статистика, построенная на данных в реляционных базах MySQL. Все данные для статистики подсчитываются заранее и записываются в нереляционную базу Elasticsearch. Таким образом, для статистики берутся уже подсчитанные данные. Это сокращает время загрузки статистики в несколько раз.

Elasticsearch – документоориентированная база данных. Она обеспечивает манипуляции с данными и моментальный поиск в реальном времени. Это отличает Elasticsearch от систем SQL, где изменения видны позже, по окончании транзакций. Данные заранее в Elasticsearch не надо указывать, а чтобы определить тип документа, достаточно отправить JSON документ на сервер и далее необходимые операции выполняются самостоятельно.

Elasticsearch доступен из RESTful веб-интерфейса сервиса и использует схемы менее JSON (JavaScript Object Notation) документы для хранения данных. Он построен на языке программирования Java, что позволяет Elasticsearch работать на различных платформах. Это позволяет пользователям исследовать очень большое количество данных на очень высокой скорости. Путем указания версии отправленных документов, осуществляется конкурентный контроль (concurrency control).

Таким образом, разработана система автоматического распределения обращений с использованием современных продуктов и с учетом определяющих факторов. Так решены все задачи исследования.

ВЫВОД

Констатирующий этап эксперимента выявил, что при большом потоке поступающих заявок, создавалась очередь из обращений граждан и задача простаивала некоторое время. Исследование позволило выбрать необходимые технические решения для разработки системы автоматического распределения задач между исполнителями в центре обращений граждан с использованием современных программных продуктов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бородавкина Н.Ю. Разработка рациональных управленческих решений: учебное пособие. – Калининград: Российский государственный университет им. Иммануила Канта, 2007. – 154 с.
2. Горбунова В.Б. Методические аспекты управленческой деятельности в современных экономических условиях. – Вестник Калининградского филиала Санкт-Петербургского университета МВД России. – Калининград: Кал-ий фил. С-П ун-та МВД России, 2015. – № 3(41). – С. 127-130.
3. Коротков Э.М. Исследование систем управления: учебник и практикум для академического бакалавриата. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Юрайт, 2014. – 226 с.
4. Каратаева П.М. Применение имитационного моделирования управленческой деятельности в муниципальном образовании. – Вестник Балтийского федерального университета им. Иммануила Канта. – Серия: Физико-математические и технические науки, 2010. – № 10. – С. 176-177.
5. Каратаева П.М. Математические модели в экономике: учебное пособие. – Калининград: Балтийский федеральный университет им. Иммануила Канта, 2005. – 100 с.
6. Ларин А.А. Информационные технологии и эффективность государственного управления. – Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. – Нижний Новгород, 2010. – № 2-1. – С. 252-255.
7. Пуряжова Л.В., Арутюнян Г.А. Кадровый потенциал организации: особенности формирования и управлени. – Казань: Издательство «Молодой ученый», 2016. – № 24(128). – С. 228-231.
8. Распоряжение о государственной программе Российской Федерации «Информационное общество (2011-2020 годы)» [Электронный ресурс]. – URL: <http://government.consultant.ru/page.aspx?8411;1527297> (дата обращения: 01.08.2018).

9. Тарасов В.Ю. Разработка методов эффективного обслуживания абонентов в центрах обработки вызовов на сетях передачи данных: автореферат; диссертация кандидата технических наук: 05.12.13. – Москва, 2007. – 23 с.

Лищук Инна Владимировна

ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет им. И. Канта», г. Калининград
Магистр Института физико-математических наук и информационных технологий
Тел.: 8 909 789 90 70
E-mail: ILishchuk@kantiana.ru

Савкин Дмитрий Александрович

ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет им. И. Канта», г. Калининград
Доцент Института физико-математических наук и информационных технологий
Тел.: 8 (4012) 33-82-17
E-mail: savkind@list.ru

I.V. LIShhUK (*Master Student*)

D.A. SAVKIN (*Associate Professor*)
Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad

**THE USE OF MODERN SOFTWARE PRODUCTS IN CENTERS
OF INTERACTION WITH CITIZENS**

The article is devoted to topical issues of using new software products. Modern education requires studying of different approaches to improving the efficiency of services for citizens in interaction centers. The article deals with the procedure of queue processing. The algorithm of automatic distribution of calls considering key factors is worked out. The system of control and monitoring of work for managers is presented.

Keywords: *center of citizens resorts; relational database; processing of the resort; queue server.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Borodavkina N.Yu. Razrabotka racional'nyh upravlencheskih reshenij: uchebnoe posobie. – Kaliningrad: Rossijskij gosudarstvennyj universitet im. Immanuila Kanta, 2007. – 154 s.
2. Gorbunova V.B. Metodicheskie aspekty upravlencheskoj deyatel'nosti v sovremennyh ekonomicheskikh usloviyah. – Vestnik Kaliningradskogo filiala Sankt-Peterburgskogo universiteta MVD Rossii. – Kaliningrad: Kal-ij fil. S-P un-ta MVD Rossii, 2015. – № 3(41). – S. 127-130.
3. Korotkov E.M. Issledovanie sistem upravleniya: uchebnik i praktikum dlya akademicheskogo bakalavriata. – 3-e izd., pererab. i dop. – M.: Yurajt, 2014. – 226 s.
4. Karataeva P.M. Primenenie imitacionnogo modelirovaniya upravlencheskoj deyatel'nosti v municipal'nom obrazovanii. – Vestnik Baltijskogo federal'nogo universiteta im. Immanuila Kanta. – Seriya: Fiziko-matematicheskie i tekhnicheskie nauki, 2010. – № 10. – S. 176-177.
5. Karataeva P.M. Matematicheskie modeli v ekonomike: uchebnoe posobie. – Kaliningrad.: Baltijskij federal'nyj universitet im. Immanuila Kanta, 2005. – 100 s.
6. Larin A.A. Informacionnye tekhnologii i effektivnost' gosudarstvennogo upravleniya. – Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N.I. Lobachevskogo. – Nizhnij Novgorod, 2010. – № 2-1. – S. 252-255.
7. Puryzhova L.V., Arutyunyan G.A. Kadrovyy potencial organizacii: osobennosti formirovaniya i upravleni. – Kazan': Izdatel'stvo «Molodoj uchenyj», 2016. – № 24(128). – S. 228-231.
8. Rasporyazhenie o gosudarstvennoj programme Rossijskoj Federacii «Informacionnoe obshchestvo (2011-2020 gody)» [Elektronnyj resurs]. – URL: <http://government.consultant.ru/page.aspx?8411;1527297> (data obrashcheniya: 01.08.2018).
9. Tarasov V.Yu. Razrabotka metodov effektivnogo obsluzhivaniya abonentov v centrah obrabotki vyzovov na setyah peredachi dannyh: avtoreferat; dissertaciya kandidata tekhnicheskikh nauk: 05.12.13. – Moskva, 2007. – 23 s.

УДК 004.031.4

А.Б. НЕЧАЕВА, Д.С. НОВИКОВА, В.Ю. ПРЕСНЕЦОВА, Е.А. СУРОВА

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДИСТАНЦИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВРАЧА И ПАЦИЕНТА

Осуществлен обзор существующих информационных систем для удаленного консультирования пациентов. Выявлены преимущества и недостатки каждого сервиса. Обоснована актуальность данных решений и предложена разработка собственной информационной системы дистанционного взаимодействия врача и пациента.

Ключевые слова: информационная система; дистанционное взаимодействие; удаленная консультация; медицина.

В современном обществе информационные технологии активно внедряются во все сферы человеческой жизни. Медицина и здравоохранение не являются исключением. Основной целью применения инновационных технологий в медицине является создание целостного медицинского пространства, которое повысит эффективность оказания медицинской помощи населению и улучшит социально-экономический уровень развития страны.

Внедрение современных информационных технологий в медицине позволит вывести здравоохранение на новый уровень, поскольку оперативный доступ к информации и обмен ею существенно сокращает временные затраты. Годами сложившийся способ ведения пациентов и контроля их состояния здоровья на сегодняшний день становится не только не актуальным, но и задерживает развитие медицинского обслуживания в целом.

Для обеспечения повышения качества и оперативности предоставляемых медицинских услуг используются системы дистанционного взаимодействия врача и пациента. Такие системы предоставляют ряд возможностей, как для докторов, так и для пациентов. Рассмотрим наиболее популярные среди них.

Система REMSMED представляет собой портал, который хранит все необходимые данные о здоровье человека, его историю болезни, а также рекомендации врачей.

Предназначена такая система, в первую очередь, для пациентов с хроническими заболеваниями либо для пациентов, находящихся на реабилитации. Также она будет актуальна для людей, не имеющих возможность частого посещения медицинского учреждения.

REMSMED обеспечивает дистанционное взаимодействие врача с пациентом. Система предоставляет пользователям следующие виды обмена данными:

- текстовые сообщения;
- видеоконференции;
- документы (ЭКГ, УЗИ и др. результаты анализов).

Доступ в системе для пользователей разделен, что помогает разграничить функциональные возможности как врача, так и пациента.

Для врача система предоставляет возможность составления плана лечения пациента и контроль за его выполнением, просмотр необходимой информации за определенный временной промежуток. Доступна функция настройки уведомлений системы.

Для пациента в системе создан дневник, в который вносятся измерения необходимых параметров, фиксируются отметки о выполнении плана лечения, заполняется анкета о состоянии здоровья.

Дополнительно в системе REMSMED реализована интеграция с персональными медицинскими приборами, позволяющими отслеживать изменения в медицинских показателях пациента.

Вся вносимая информация передается в единую базу данных, что обеспечивает ее надежное хранение там. В системе есть доступ для выгрузки необходимых документов. Пользовательский интерфейс прост и понятен в использовании, обладает удобной системой настройки. Реализовано также и мобильное приложение для iOS и Android с минимальным набором функций системы.

К преимуществам данного сервиса следует отнести постоянную связь врача и пациента на любом расстоянии, а также незамедлительное получение консультации специалиста в экстренных ситуациях. Система REMSMED позволяет экономно распределить время как врача, так и пациента [1].

MyChart – это безопасный онлайн-инструмент, который поможет держать под контролем состояние своего здоровья и быть на связи с лечащим врачом, даже находясь вдали от дома и больницы. MyChart – удобный портал для дистанционного взаимодействия между пациентами и врачами.

В рамках системы пользователь сможет использовать следующие возможности:

- общение с врачом и ответы на все возникшие медицинские вопросы, не выходя из собственного дома;
- контроль состояния здоровья при помощи доступа к личному кабинету;
- просмотр терапевтического лечения и вакцинации;
- получение результатов анализов и комментариев врача в системе в течение нескольких дней, что позволит больше не ждать телефонного звонка или письма;
- возможность доступа к данным о состоянии здоровья из других приложений;
- управление консультациями, позволяющее запланировать следующий прием или просмотреть детали прошлых и предстоящих приемов;
- возможность отправить запрос на пополнение для любого из многодозовых лекарств.

Преимуществами данной системы являются запись на прием к необходимому специалисту, хранение всей истории болезни на текущий момент времени и за прошедший период лечения, получение информации о результатах лабораторных исследований, поддержка связи с лечащим врачом, когда это необходимо. Существует мобильная версия системы. [2]

Сервис Medsender – это облачная платформа, которая реализует дистанционное взаимодействие пациента и врача. С его помощью врачи консультируют своих пациентов, отвечая на их вопросы по мере поступления, в пределах определенного времени.

Предназначен сервис для таких категорий граждан, как:

- пациенты, находящиеся на реабилитации;
- беременные;
- родители малолетних детей;
- люди с хроническими заболеваниями;
- пожилые люди и их родственники;
- люди, которые регулярно следят за своим состоянием здоровья.

Данный сервис организует обмен сообщениями между пациентами и их лечащими врачами. После консультирования вся необходимая информация сохраняется в личном профиле, как пациента, так и врача.

Консультирование осуществляется в рамках контракта между пациентом и медицинским учреждением, которое назначает врача-консультанта. Пациент получает гарантированную и компетентную помощь.

Кроме главной функции – диалога пациента с врачом, сервис предоставляет следующие возможности. Пациенту доступен телефон обслуживающей его медорганизации. Набрав его, он соединяется со службой поддержки, которая даст ответы на срочные вопросы, при необходимости направит к нему экстренную помощь.

Врачу доступны сведения из истории болезни пациента от медорганизации (например, медицинская выписка). Также обеспечивается быстрый доступ ко всем документам, которые загрузил пациент.

Врач и пациент могут обмениваться голосовыми сообщениями.

По окончании периода консультирования пациент может оценить оказанную услугу. Из отзывов пациентов складывается рейтинг врачей.

Медорганизация может вести непосредственный контроль медицинского качества консультаций.

Преимущества сервиса:

1. Консультирование автоматически осуществляется после заключения контракта с медорганизацией и автоматически прекращается по истечении заключенного контракта.

2. Обращения от пациентов обособлены и не путаются в общей массе личных и служебных сообщений.

3. Пациент всегда знает, в какой момент врач готов ответить на интересующий его вопрос, при этом врач незамедлительно отвечает на него.

Все персональные данные защищены и хранятся в специальном защищенном хранилище данных, которое отвечает требованиям Федерального Закона «О персональных данных» №152-ФЗ.

Сервисом можно пользоваться на любых платформах – Web, Android, iOS. [3]

Проанализировав существующие сервисы дистанционного взаимодействия врача и пациента, пришли к выводу, что данное направление актуально и начинает активно развиваться. В настоящий момент все большее количество людей (82% населения России согласно данным международного исследования «Индекс здоровья будущего» компании Royal Philips) готовы воспользоваться удаленной консультацией с врачом в определенных жизненных ситуациях [4]. Подобные информационные системы являются одним из перспективных инструментов, направленных на увеличение доступности оказания медицинской помощи населению.

Рассмотренные сервисы не полностью обеспечивают эффективное и качественное предоставление медицинской помощи с применением информационных технологий в области здравоохранения и медицины в целом. В связи с этим было принято решение о разработке собственной информационной системы дистанционного взаимодействия врача и пациента, которая бы устранила существующие недостатки и смогла бы в полной мере обеспечить качественное и доступное медицинское сопровождение от начала диагностирования до конца лечения.

Все из выше проанализированных систем предназначены не для всех категорий граждан, которым необходим постоянный контроль своего состояния здоровья и отсутствует возможность регулярно посещать медицинские учреждения.

В первую очередь разрабатываемый сервис будет актуален для людей с расстройствами желудочно-кишечного тракта (ЖКТ), эндокринной системы, заболеваниями опорно-двигательного аппарата, а также беременным женщинам, родившим и в период послеродового восстановления [5].

Во всех рассмотренных системах основной упор при взаимодействии врача и пациента основан на удаленном консультировании посредством передачи сообщений, теле-, видео-, аудиоконтактов. Разрабатываемая информационная система, как электронная услуга населению, позволит как пациенту, так и врачу непосредственно без видимого контакта контролировать состояние здоровья и отслеживать выполнение плана лечения, который был назначен специалистом [6]. Для этого в системе будут разработаны дневник питания и дневник физической активности, которые не предполагаются ни в одном из вышеописанных сервисов дистанционного взаимодействия врача и пациента. Для каждого пациента будет составляться план питания и программа физических упражнений, подобранных индивидуально в зависимости от диагноза, физиологических и физических особенностей организма. Соблюдение составленного плана питания, регулярные и правильно подобранные

физические нагрузки играют немаловажную роль при контроле состояния здоровья людей с расстройствами ЖКТ, эндокринной системы, а также женщин во время, до и после беременности. Выполнение назначений пациент будет фиксировать в дневниках, которые доступны врачу для просмотра и внесения соответствующих корректировок удаленно.

В системе будут предусмотрены уведомления с напоминанием о том, когда пациенту необходимо принять пищу, выполнить упражнение или же принять медикаментозный препарат.

Процесс лечения будет находиться под постоянным контролем лечащего врача, благодаря чему предоставляется возможность сделать выводы о прогрессе или регрессе назначенного лечения и принять соответствующие меры.

Все это позволит автоматизировано формировать для каждого пациента персонально-ориентированную базу знаний, хранящую его физиологические и физические особенности организма, истории лечения, заболевания, диагнозы и пр. В перспективе это даст возможность сформировать систему поддержки принятия решений врачами по назначению лечения конкретному пациенту, исходя из существующей о нем информации.

Таким образом, медицинская помощь за пределами больницы с использованием средств информационных технологий становится новой реальностью для многих лечебных учреждений и организаций здравоохранения. Разрабатываемая система дистанционного взаимодействия врача и пациента, как электронная услуга населению, обеспечит общение пациентов с медицинским персоналом вне клиник. Система предоставит специальные возможности для наиболее удобного и оптимального обмена необходимой информацией между больным и его лечащим врачом. Это сможет повысить качество медицинского обслуживания и оперативность предоставляемых медицинских услуг.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Система персонального телемониторинга Remsmed [Электронный ресурс]. – URL: http://www.fors.ru/upload/magazine/08/pdf/Remsmed_10_2013.pdf.
2. MyChart [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.mychart.com>.
3. Медицинский мессенджер – удобный способ дистанционного общения пациента с лечащим врачом [Электронный ресурс]. – URL: https://medsenger.ru/medsenger_презентация.pdf.
4. Индекс здоровья будущего, отчет по России, часть 3. Телемедицина: преодолевая географические барьеры и расширяя границы оказания помощи за пределами медицинских учреждений [Электронный ресурс]. – URL: https://www.philips.ru/c-dam/corporate/ru_RU/fhi/FHI_part3_Report_25.04.pdf.
5. Лунева О.Н. и др. Автоматизация составления плана физической активности и питания человека для ведения здорового образа жизни / О.Н. Лунева, Д.С. Новикова, Е.А. Сурова, И.С. Стычук // Информационные системы и технологии. – Орел: ОГУ им. И.С. Тургенева, 2018. – № 6 (110). – С 49-54.
6. Лунев Р.А., Стычук А.А., Митин А.А. Требования к составу функций веб-сервиса оказания электронных услуг населению. – Информационные системы и технологии. – Орел: Госуниверситет - УНПК, 2015. – № 1(87). – С. 49-58.

Нечаева Анастасия Борисовна

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г. Орел
Аспирант кафедры информационных систем
Тел.: 8 953 621 29 80
E-mail: nechaevastasya@yandex.ru

Новикова Дарья Сергеевна

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г. Орел
Магистрант кафедры информационных систем
Тел.: 8 953 613 75 63
E-mail: daryanovikova@skb-it.ru

Преснецова Виктория Юрьевна

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г. Орел
Кандидат технических наук, доцент кафедры информационных систем
Тел.: 8 906 569 20 20
E-mail: alluvian@mail.ru

Сурова Екатерина Александровна

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г. Орел
Магистрант кафедры информационных систем
Тел.: 8-910-301-67-20
E-mail: katesurova@skb-it.ru

A.B. NEChAEVA (*Post-graduate Student of the Department of Information Systems*)

D.S. NOVIKOVA (*Master Student of the Department of Information Systems*)

V. Yu. PRESNECOVA (*Candidate of Engineering Sciences,
Associate Professor of the Department of Information Systems*)

E.A. SUROVA (*Master Student of the Department of Information Systems
Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel*)

**ANALYTICAL REVIEW OF INFORMATION SYSTEMS OF REMOTE
INTERACTION OF DOCTOR AND PATIENT**

A review of existing information systems for remote patient counseling has been carried out. The advantages and disadvantages of each service are revealed. The relevance of these decisions is substantiated and the development of our own information system for remote interaction of a doctor and a patient is proposed.

Keywords: *information system; remote interaction; remote consultation; medicine.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Sistema personal'nogo telemonitoringa Remsmed [Elektronnyj resurs]. – URL: http://www.fors.ru/upload/magazine/08/pdf/Remsmed_10_2013.pdf.
2. MyChart [Elektronnyj resurs]. – URL: <https://www.mychart.com>.
3. Medicinskij messendzher – udobnyj sposob distancionnogo obshcheniya pacienta s lechashchim vrachom [Elektronnyj resurs]. – URL: https://medsenger.ru/medsenger_prezentaciya.pdf.
4. Indeks zdorov'ya budushchego, otchet po Rossii, chast' 3. Telemedicina: preodolevaya geograficheskie bar'ery i rasshiryaya granicy okazaniya pomoshchi za predelami medicinskih uchrezhdenij [Elektronnyj resurs]. – URL: https://www.philips.ru/c-dam/corporate/ru_RU/fhi/FHI_part3_Report_25.04.pdf.
5. Luneva O.N. i dr. Avtomatizaciya sostavlениya plana fizicheskoy aktivnosti i pitaniya cheloveka dlya vedeniya zdorovogo obraza zhizni / O.N. Luneva, D.S. Novikova, E.A. Surova, I.S. Stychuk // Informacionnye sistemy i tekhnologii. – Orel: OGU im. I.S. Turgeneva, 2018. – № 6 (110). – S 49-54.
6. Lunev R.A., Stychuk A.A., Mitin A.A. Trebovaniya k sostavu funkcij veb-servisa okazaniya elektronnyh uslug naseleniyu. – Informacionnye sistemy i tekhnologii. – Orel: Gosuniversitet - UNPK, 2015. – № 1(87). – S. 49-58.

УДК 69.058

А.В. ГРЕЧЕНЕВА, Н.В. ДОРОФЕЕВ,
В.Т. ЕРЕМЕНКО, О.Р. КУЗИЧКИН, Р.В. РОМАНОВ**АЛГОРИТМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ
В СИСТЕМЕ ИНКЛИНОМЕТРИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ
ПРИ ГЕОТЕХНИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ**

Статья посвящена разработке алгоритмического обеспечения системы инклинометрического контроля, построенной на базе акселерометрических датчиков с применением фазометрического метода. Представлена структурная схема, поясняющая реализацию фазометрического метода акселерометрических измерений, для компенсации инструментальных погрешностей рассогласования осей чувствительности акселерометров, применен алгоритм настройки акселерометрических преобразователей. Предложен алгоритм автоматического позиционирования системы гониометрического контроля, применяемой на геотехнических объектах. Для оценки эффективности предложенного фазометрического метода и разработанных алгоритмов были проведены экспериментальные исследования. Обработаны и представлены данные, полученные с акселерометра фазометрическим и модифицированным многопозиционным методом.

Ключевые слова: инклинометрический контроль; геотехнический мониторинг; алгоритмы позиционирования; фазометрический метод; акселерометр.

ВВЕДЕНИЕ

Системы геотехнического мониторинга занимают особое место в системах мониторинга и управления ПТС. Значимость геотехнического мониторинга обусловлена частыми и непредсказуемыми повреждениями, разрушениями инженерно-технических объектов с возникновением аварийных ситуаций и ухудшением экологической обстановки [1-3]. В большинстве случаев нарушение равновесия геотехнической системы связано с процессами, протекающими в геологической среде, инженерно-технических объектах, и взаимным влиянием геологической и технической компоненты ПТС [4]. Заблаговременное выявление и прогнозирование начальной фазы развития опасных геодинамических процессов в геотехнических системах (ГТС) становится актуальной задачей.

Современные стандарты и нормативы регламентируют высокие требования к точности средств, применяемых при гониометрическом контроле [5-7]. Однако на современном этапе научно-технического развития существует ряд задач высокоточного приборостроения, для решения которых требуется разработка новых методов и подходов к решению задачи повышения точностных характеристик средств инклинометрического контроля.

Целью работы является реализация акселерометрических измерений угловых перемещений элементов конструкций зданий и сооружений с применением фазометрического метода и разработка алгоритмического обеспечения позиционирования системы инклинометрического контроля при геотехническом мониторинге.

**ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ В СИСТЕМЕ ИНКЛИНОМЕТРИЧЕСКОГО
КОНТРОЛЯ ПРИ ГЕОТЕХНИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ**

Инклинометрический контроль в системе геотехнического мониторинга заключается в регистрации динамики угловых параметров зданий и сооружений, представляемых в виде n -звенной кинематической цепи в пространстве. Предлагаемый метод определения угла относительного наклона элементов конструкции сооружений основан на контроле направления вектора кажущегося ускорения \vec{a} , являющегося общим для двух

акселерометрических систем [8]. При этом общий вектор кажущего ускорения \vec{a} определяется на основании значений ускорений акселерометров a и b в двух системах координат x_1, y_1, z_1 и x_2, y_2, z_2 (рис. 1).

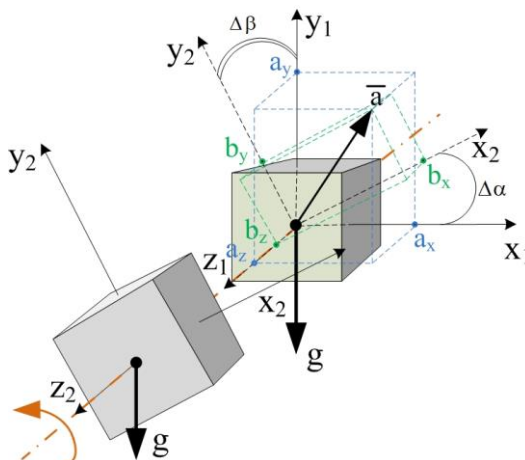


Рисунок 1 – Способ гониометрического контроля

Для реализации акселерометрических измерений угла с применением фазометрического метода необходимо преобразовать сигналы x_1, y_1, z_1 и x_2, y_2, z_2 с трехкомпонентных акселерометров в фазу синусоидального колебания, умножив их на $\sin \cdot \omega t$ и $\cos \cdot \omega t$. Структурная схема, поясняющая реализацию фазометрического метода акселерометрических измерений угла, представлена на рисунке 2.

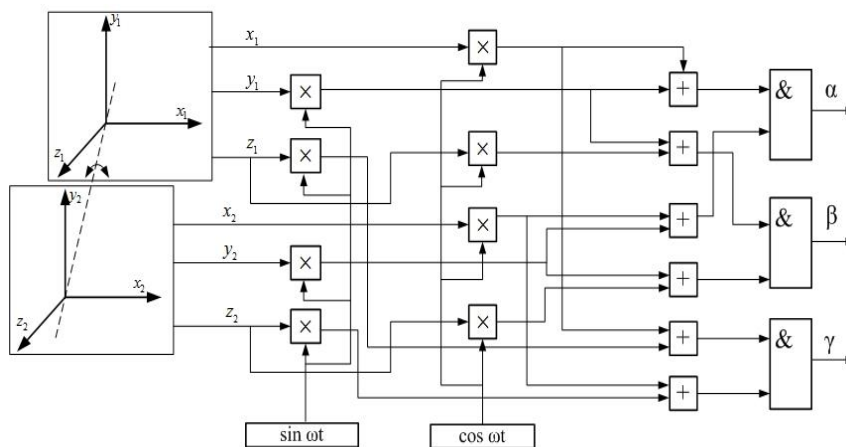


Рисунок 2 – Фазометрический метод акселерометрических измерений угла

В случае применения фазометрического метода информативным параметром выступает не амплитудная, а фазовая составляющая трансформированных выходных сигналов акселерометров, что позволяет повысить устойчивость измерений к влиянию паразитных вибраций и помех [9].

АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ИНКЛИНОМЕТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Основными решаемыми задачами алгоритмов позиционирования является компенсация инструментальных погрешностей рассогласования осей чувствительности акселерометрических преобразователей и приведение в соответствие расположение осей чувствительности акселерометров к осям базовой системы координат.

Для компенсации инструментальных погрешностей рассогласования осей чувствительности акселерометрических преобразователей применен алгоритм настройки, блок-схема которого приведена на рисунке 3.

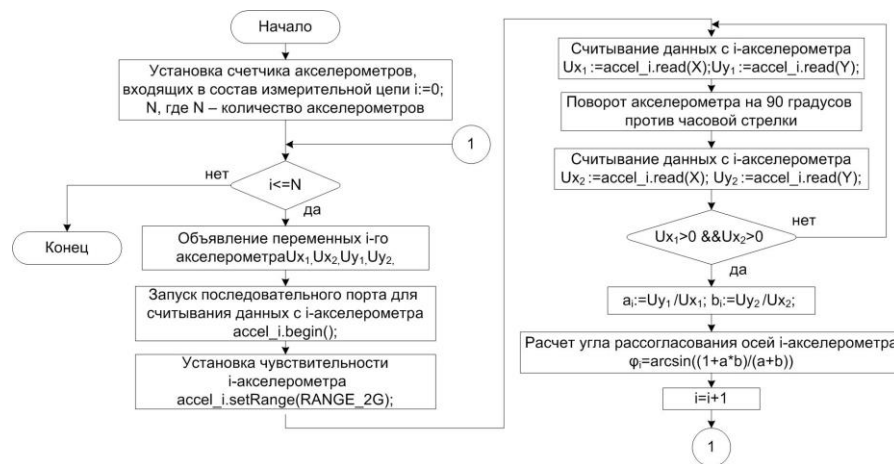


Рисунок 3 – Блок-схема алгоритма настройки акселерометрических преобразователей

По разработанному алгоритму настройка акселерометрических преобразователей осуществляется при регистрации ускорений в момент фиксации и, далее, при осевом повороте датчика на 90° в направлении против часовой стрелки (рис. 4).

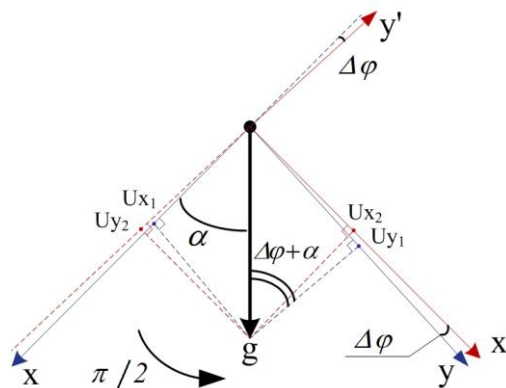


Рисунок 4 – Схема определения угла рассогласования

При этом сигналы с акселерометров имеют вид:

$$\begin{cases} U_{x1} = G \cdot \cos \alpha, & U_{y1} = G \cdot \sin(\Delta\varphi + \alpha); \\ U_{x2} = G \cdot \sin \alpha & U_{y2} = -G \cdot \cos(\Delta\varphi + \alpha). \end{cases} \quad (1)$$

где $\Delta\varphi$ – угол рассогласования.

Введя обозначения:

$$\begin{aligned} a &= \frac{U_{y1}}{U_{x1}} = \frac{\sin(\Delta\varphi + \alpha)}{\cos \alpha} = \sin \Delta\varphi + \cos \Delta\varphi \cdot \operatorname{tg} \alpha, \\ b &= \frac{U_{y2}}{U_{x2}} = -\frac{\cos(\Delta\varphi + \alpha)}{\sin \alpha} = -\cos \Delta\varphi \cdot \operatorname{ctg} \alpha + \sin \Delta\varphi, \end{aligned} \quad (2)$$

получим выражение для угла рассогласования:

$$\Delta\varphi = \arcsin\left(\frac{1 + a \cdot b}{a + b}\right) \quad (3)$$

Исходя из уравнения $\varphi = \pi/2 - \Delta\varphi$ (где $\Delta\varphi$ – угол рассогласования):

Для уменьшения трудоемкости процесса установки акселерометрических датчиков на объекте геотехнического контроля был разработан алгоритм виртуального позиционирования акселерометров, позволяющий программно привести в соответствие расположение осей чувствительности акселерометров к осям горизонтальной системы координат $X'Y'$ (рис. 5).

По разработанному алгоритму считанные значения ускорений акселерометров трансформируются на основе положений фазометрического метода:

$$U^i_y = -g \cdot \sin \omega t \cdot \cos \alpha_i; \tag{4}$$

$$U^i_x = g \cdot \cos \omega t \cdot \sin \alpha_i; \tag{5}$$

где α_i – угол наклона системы координат OX_i, OY_i i -акселерометра относительно идеализированной (горизонтальной) системы координат OX', OY' .

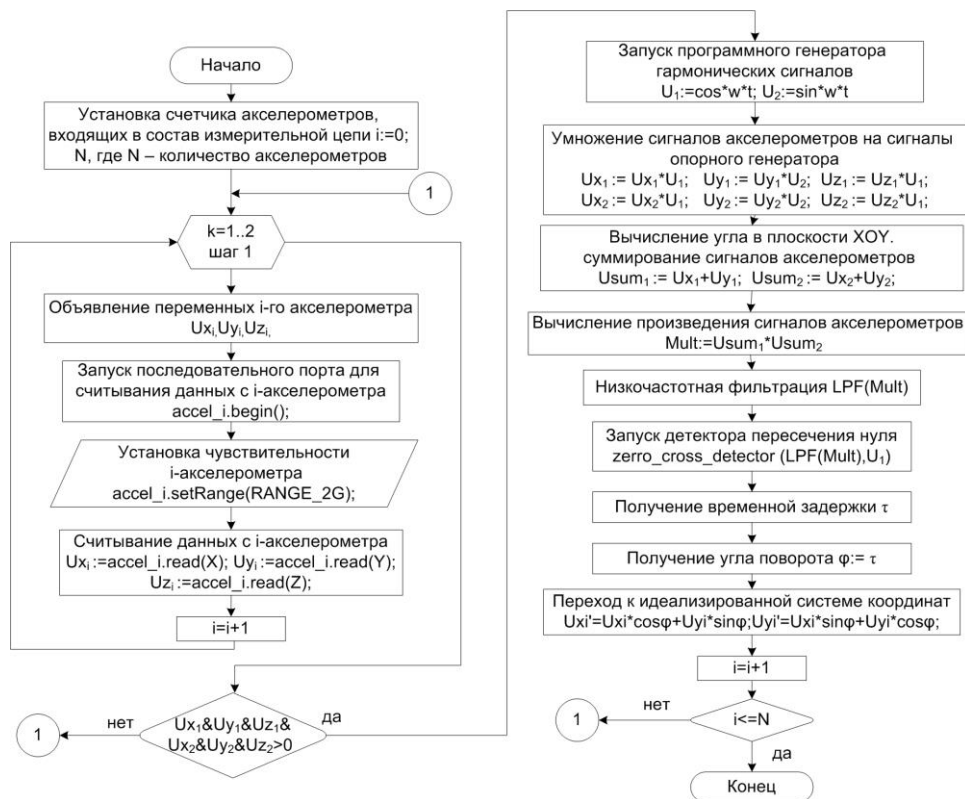


Рисунок 5 – Блок-схема алгоритма виртуального позиционирования акселерометрических преобразователей

Произведение углов α_i отклонения осей i -акселерометра от идеализированной системы координат OX' и OY' на матрицу:

$$\|a^i_{(x,y,z)}\| = \|a^i_{x,y,z}\| \times \|T\|, \tag{6}$$

где $T = \begin{vmatrix} \sin \alpha_i & \cos \alpha_i \\ \cos \alpha_i & \sin \alpha_i \end{vmatrix}$ – матрица перехода к новой системе координат.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для оценки эффективности предложенного метода и разработанных алгоритмов были проведены экспериментальные исследования и обработка данных акселерометра на основании двух методов компенсации: предложенного и модифицированного многопозиционного метода (ММРМ) [10,11]. По методу ММРМ измерения проводят

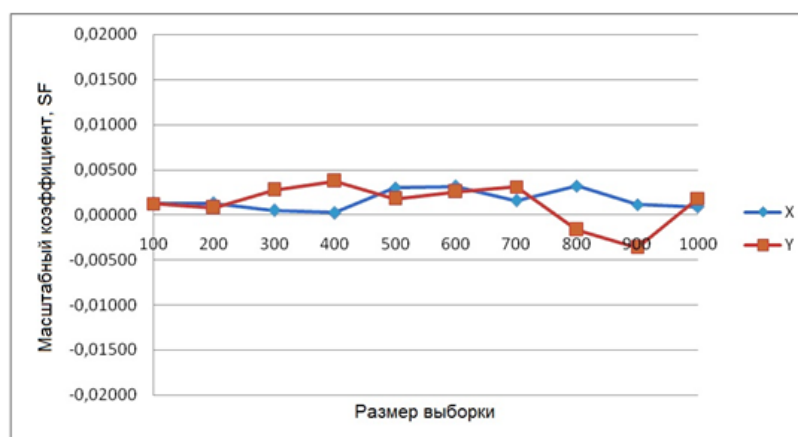
минимум в 9 положениях датчика с известной угловой ориентацией, а оценки параметров получают методом наименьших квадратов (МНК). Недостаток – необходимость задания известной угловой ориентации осей акселерометра относительно осей локальной системы координат (СК). Этому недостатка лишена предложенная процедура настройки.

Результаты экспериментальных исследований, отраженные в таблице 1, позволяют оценить степень компенсации погрешностей измерений акселерометра ADIS 16534 с применением стандартного метода калибровки и метода настройки, предложенного авторами данной статьи. Кроме того, для сопоставления также приведены данные из спецификации на датчик.

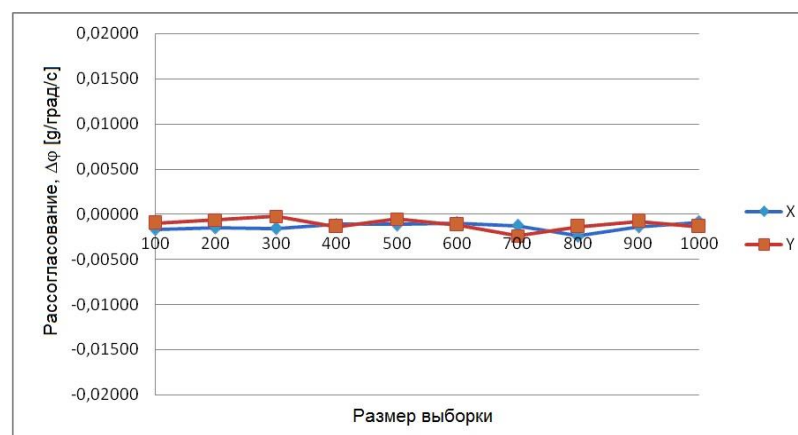
Таблица 1 – Результаты экспериментальных исследований ADIS 16534

Параметр/ось	Среднее значение результатов измерений		Среднее значение результатов калибровки предложенным методом		Среднее значение результатов калибровки ММРМ		Данные из спецификации	
	X	Y	X	Y	X	Y	Средн	СКО
Масштабный коэффициент, SF	0,0214	0,021	0,0116	0,0121	0,0128	0,0129	0	0,0033
Рассогласование, $\Delta\varphi$ [g/град/с]	-0,003	-0,0029	-0,0025	-0,0023	-0,003	0,003	-0,001	0,001
Неортогональность осей, N	0,0612	0,0673	0,051	0,0514	-0,057	0,055	0,05	0,05

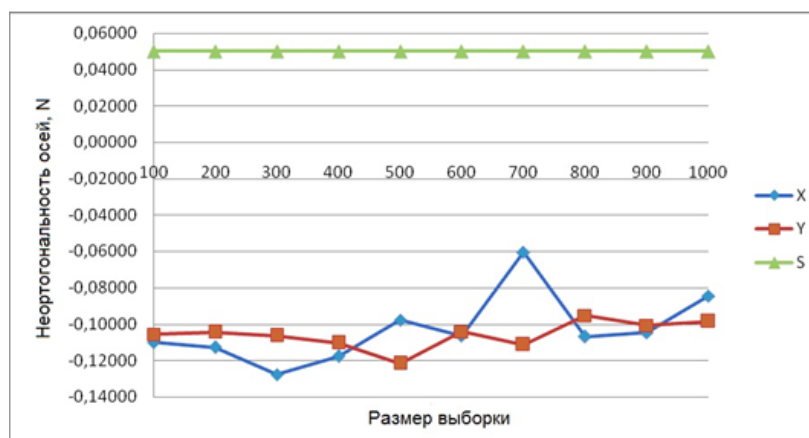
Оценить эффективность предлагаемого метода настройки позволяют графики разности результатов калибровки, достигнутых при помощи метода ММРМ и предлагаемого метода (рис. 6).



а)



б)



в)

Рисунок 6 – Графики разности результатов калибровки, достигнутых при помощи метода ММРМ и предложенного метода: а) масштабный коэффициент, SF ; б) рассогласование, $\Delta\varphi$; в) неортогональность осей, N

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В представленной статье рассмотрена реализация фазометрического метода, где информативным параметром выступает не амплитудная, а фазовая составляющая трансформированных выходных сигналов акселерометров. Разработана структурная схема, поясняющая реализацию фазометрического метода акселерометрических измерений угла при геотехническом мониторинге. Для компенсации инструментальных погрешностей рассогласования осей чувствительности акселерометрических преобразователей применен алгоритм настройки, а также разработан алгоритм виртуального позиционирования системы инклинометрического контроля с применением фазовой подстройки начальной установки измерительных базисов точек контроля угловых перемещений к единой виртуальной системе координат. Применение данного алгоритма позволяет решить вопрос компенсации погрешности, вызванной рассогласованием осей чувствительности корпусу акселерометрического преобразователя. Были обработаны данные, полученные с акселерометра фазометрическим и модифицированным многопозиционным методом. Значения параметров, полученные в ходе эксперимента для акселерометров, лежат в допустимых пределах для акселерометра ADIS 16354. Однако фазометрический метод дает более точные значения результатов настройки.

Работа выполнена при поддержке Гранта РФФИ 18-48-310025 р_а.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Грязнова Е.М. и др. Геотехнический мониторинг в строительстве / Е.М. Грязнова, А.Н. Гаврилов, Д.Ю. Чунюк, К.С. Борчев. – М.: Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2016. – 80 с.
2. Симонян В.В., Шмелин Н.А., Зайцев А.К. Геодезический мониторинг зданий и сооружений: монография. – Москва: НИУ МГСУ, 2015. – 144 с.
3. Греченева А.В. Дорофеев Н.В. Разработка методики оценки нагрузочно-деформационного состояния грунтов в локальной точке геологической среды. – Машиностроение и безопасность жизнедеятельности, 2015. – № 4 (26). – С. 41-45.
4. Гаврилов А.Н., Грязнова Е.М. Экспресс-методы в геотехническом мониторинге. – Вестник МГСУ, 2010. – № 4-5. – С. 61-66.
5. СНиП 2.02.01-83 Основания зданий и сооружений. Дата введения 1985-01-01.
6. СТО СРО-С 60542960 00043 2015 Стандарт организации объекты использования атомной энергии Геодезический мониторинг зданий и сооружений в период строительства и

эксплуатации. Утвержден и введен в действие Протоколом общего собрания СРО НП «СОЮЗАТОМСТРОЙ» – № 11 от 12 февраля 2015 г. – М.: СРО НП «СОЮЗАТОМСТРОЙ», 2015. – 157 с.

7. ГОСТ 31937-2011 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. Дата введения 2014-01-01.
8. Греченева А.В., Кузичкин О.Р., Дорофеев Н.В. Акселерометрический метод измерения суставных перемещений. – Машиностроение и безопасность жизнедеятельности, 2015. – №1. – С. 51-54.
9. Греченева А.В., Кузичкин О.Р., Константинов И.С. Алгоритмическое обеспечение системы диагностики опорно-двигательного аппарата на базе акселерометрических гониометров. – Информационные системы и технологии, 2016. – № 6(98). – С. 62-69.
10. Шаврин В.В., Конаков А.С., Тисленко В.И. Калибровка микроэлектромеханических датчиков ускорений и угловых скоростей в бесплатформенных инерциальных навигационных системах // Доклады ТУСУР, 2012. – №1-2 (25). – С. 265-269.
11. Конаков А.С., Шаврин В.В., Ноздревых Д.О. Алгоритм адаптивного двухшагового расширенного фильтра Калмана в задаче совместной оценки навигационного вектора и смещения нулей датчика МЭМС в слабосвязанной комплексированной навигационной системе // Доклады ТУСУР, 2013. – №4 (30). – С. 23-30.

Греченева Анастасия Владимировна

ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»,
г. Белгород
Аспирант кафедры «Математическое и программное обеспечение информационных систем»
E-mail: 1155464@bsu.edu.ru

Дорофеев Николай Викторович

ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых», г. Муром
Кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Управление и контроль в технических системах»
E-mail: dorofeev@yandex.ru

Еременко Владимир Тарасович

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, г. Орел
Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Электроника, вычислительная техника и информационная безопасность»
E-mail: wladimir@orel.ru

Кузичкин Олег Рудольфович

ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»,
г. Белгород
Доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Информационные и робототехнические системы»
E-mail: electron@mivlgu.ru

Романов Роман Вячеславович

ФГБОУ ВО Муромский институт (филиал) «Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых», г. Муром
Кандидат технических наук, доцент кафедры «Управление и контроль в технических системах»
E-mail: romanov.roman.5@yandex.ru

A.V. GREChENEVA (*Post-Graduate Student of the Department
«Mathematical and Software Information Systems»
Belgorod State National Research University, Belgorod*)

N.V. DOROFEEV (*Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor,
Head of the Department « Electronics, Computer Engineering and Information Security»
Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletovs, Murom*)

V.T. ERYoMENKO (*Doctor of Engineering Sciences, Professor,*

Head of Department «Electronics, Computing and Information Security»
Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel

O.R. KUZICHKIN (Doctor of Engineering Sciences, Professor,
Professor of the Department « Information and Robotic Systems»)
Belgorod State National Research University, Belgorod

R.V. ROMANOV (Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of Department
«Management and Control in Technical Systems»)
Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletovs, Murom

ALGORITHMS OF AUTOMATED POSITIONING IN THE SYSTEM OF GONIOMETRIC CONTROL UNDER GEOTECHNICAL MONITORING

The article is devoted to the development of algorithmic support of the geotechnical monitoring system, built on the basis of accelerometric sensors using the phase-measuring method. A block diagram illustrating the implementation of the phaseometric method of accelerometric measurements is presented, to compensate for instrumental errors in the mismatch of the axes of sensitivity of accelerometer transducers, an algorithm for setting accelerometer transducers is used. To assess the effectiveness of the proposed phase-measuring method and the developed algorithms, experimental studies were conducted. Processed and presented data obtained from the accelerometer with a phase meter and a modified multi-position method.

Keywords: goniometric control; geotechnical monitoring; positioning algorithms; phase metering method; accelerometer.

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Gryaznova E.M. i dr. Geotekhnicheskij monitoring v stroitel'stve / E.M. Gryaznova, A.N. Gavrillov, D.YU. CHunyuk, K.S. Borchev. – M.: Moskovskij gosudarstvennyj stroitel'nyj universitet, EBS ASV, 2016. – 80 s.
2. Simonyan V.V., SHmelin N.A., Zajcev A.K. Geodezicheskij monitoring zdaniy i sooruzhenij: monografiya. – Moskva : NIU MGSU, 2015. – 144 s.
3. Grecheneva A.V. Dorofeev N.V. Razrabotka metodiki ocenki nagruzochno-deformacionnogo sostoyaniya gruntov v lokal'noj tochke geologicheskoy sredy. – Mashinostroenie i bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti, 2015. – № 4 (26). – S. 41-45.
4. Gavrillov A.N., Gryaznova E.M. Ekspress-metody v geotekhnicheskom monitoringe. – Vestnik MGSU, 2010. – № 4-5. – S. 61-66.
5. SNiP 2.02.01-83 Osnovaniya zdaniy i sooruzhenij. Data vvedeniya 1985-01-01.
6. STO SRO-S 60542960 00043 2015 Standart organizacii ob"ekty ispol'zovaniya atomnoj energii Geodezicheskij monitoring zdaniy i sooruzhenij v period stroitel'stva i ekspluatatsii. Utverzhdyon i vveden v dejstvie Protokolom obshchego sobraniya SRO NP «SOYUZATOMSTROJ» – № 11 ot 12 fevralya 2015 g. – M.: SRO NP «SOYUZATOMSTROJ», 2015. – 157 s.
7. GOST 31937-2011 Zdaniya i sooruzheniya. Pravila obsledovaniya i monitoringa tekhnicheskogo sostoyaniya. Data vvedeniya 2014-01-01.
8. Grecheneva A.V., Kuzichkin O.R., Dorofeev N.V. Akselerometricheskij metod izmereniya sustavnyh peremeshchenij. – Mashinostroenie i bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti, 2015. – №1. – S. 51-54.
9. Grecheneva A.V., Kuzichkin O.R., Konstantinov I.S. Algoritmicheskoe obespechenie sistemy diagnostiki oporno-dvigatel'nogo apparata na baze akselerometricheskikh goniometrov. – Informacionnye sistemy i tekhnologii, 2016. – № 6(98). – S. 62-69.
10. SHavrin V.V., Konakov A.S., Tislenko V.I. Kalibrovka mikroelektromekhanicheskikh datchikov uskorenij i uglovyyh skorostej v besplatformennykh inercial'nykh navigacionnykh sistemah //Doklady TUSUR, 2012. – №1-2 (25). – S. 265-269.
11. Konakov A.S., SHavrin V.V., Nozdrevatyh D.O. Algoritm adaptivnogo dvuhshagovogo rasshirenogo fil'tra Kalmana v zadache sovmestnoj ocenki navigacionnogo vektora i smeshcheniya nulej datchika MEMS v slabosvyazannoj kompleksirovannoj navigacionnoj sisteme // Doklady TUSUR, 2013. – №4 (30). – S. 23-30.

**ТЕХНОЛОГИЯ ПОДДЕРЖКИ ФОРМИРОВАНИЯ МОДЕЛИ ФАКТА
В ЗАДАЧАХ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ФАКТОВ ИЗ ТЕКСТОВ**

Решение задачи извлечения фактов из естественно-языковых текстов с применением синтаксических анализаторов предполагает наличие модели факта, которая обычно создается аналитиком эвристически на основе его знаний предметной области и/или в результате его ознакомления с анализируемым набором текстов. В работе представлена технология автоматизации данного процесса, позволяющая выявить характерные признаки наличия фактов в предложениях текстов произвольной тематики для формирования в итоге модели факта в виде совокупности лексико-синтаксических паттернов, применяемых в синтаксическом анализаторе на этапе анализа текста. В статье рассматриваются основные этапы реализации технологии: получение структур (синтаксических деревьев) предложений текста, их кластеризация и анализ полученных структурированных результатов аналитиком для формирования набора лексико-синтаксических паттернов. Рассмотрено применение технологии для формирования паттернов в задаче извлечения нормативных (деонтических) высказываний из текстов нормативных документов.

Ключевые слова: лексико-синтаксические паттерны; извлечение фактов; категориальная кластеризация; модель факта.

ВВЕДЕНИЕ

Извлечение фактов из естественно-языковых текстов является на сегодняшний день распространенной задачей [1], возникающей при реализации информационно-аналитических, вопросно-ответных и рекомендательных систем. Распространенным методом решения данной задачи является использование синтаксических анализаторов и наборов лексико-синтаксических паттернов, представляющих собой абстрактные описания текстовых цепочек в виде правил языковой грамматики. Таким образом, в результате обработки анализатором корпуса текстов на выходе получается множество текстовых фрагментов, удовлетворяющих заданным правилам. Среди программных инструментов, реализующих данный подход к извлечению фактов, можно выделить инструментальную систему GATE [2], использующую язык Jare для записи паттернов, а также отечественные проекты, учитывающие лингвистическую специфику русского языка: RCO Pattern Extractor [3], LSPL[4], Tomita парсер [5].

При использовании того или иного синтаксического анализатора одной из задач является описание модели извлекаемого факта на соответствующем языке паттернов. Для этого аналитик должен иметь некоторые предположения о том, какими синтаксическими конструкциями могут описываться искомые факты. Сложность данной задачи зависит от широты предметной области, необходимой детализации описания факта, наличия предметных знаний у аналитика, а также размера анализируемого текстового корпуса. Вполне возможны ситуации, в которых некоторые языковые конструкции могут быть упущены при анализе, что негативно повлияет на полноту полученных результатов. Изучение же текстового корпуса может потребовать дополнительных затрат труда и времени аналитика.

Для облегчения решения данной задачи в статье предлагается технология, позволяющая получить множества схожих по своей структуре и содержанию цепочек лексем некоторого фрагмента текстового корпуса. Анализ полученных цепочек позволит аналитику выявить характерные для представления фактов языковые конструкции и сформировать

соответствующие им лексико-синтаксические паттерны, которые он далее может применить для анализа всего набора текстов с помощью синтаксического анализатора.

ТЕХНОЛОГИЯ ПОДДЕРЖКИ ФОРМИРОВАНИЯ МОДЕЛИ ФАКТА

Основной идеей предлагаемой технологии является кластеризация синтаксических структур предложений анализируемого фрагмента текста с целью выявления аналитиком типовых признаков описания факта, которые далее можно формализовать в виде лексико-синтаксических паттернов. Реализация такого подхода предполагает решение следующих задач:

- представление предложений текстов в виде, пригодном для применения некоторого алгоритма кластеризации;
- выполнение кластеризации с помощью выбранного алгоритма;
- наглядное представление результатов кластеризации для формирования модели факта в виде набора лексико-синтаксических паттернов.

В следующих разделах рассмотрим подробнее данные задачи и предлагаемые пути их решения.

ПОДГОТОВКА К КЛАСТЕРИЗАЦИИ

Первая задача представляет по существу одну из подзадач машинного обучения: извлечение/создание признаков (feature extraction, feature engineering). Для ее решения в отношении естественно-языковых текстов обычно применяют подход «мешок слов» (bag of words) и его вариации [6], а также подходы, основанные на извлечении N-грамм.

Извлечение/создание признаков необходимо производить с учетом цели их последующего применения. В рассматриваемом случае на их основе предполагается формировать лексико-синтаксические паттерны. Последние в свою очередь позволяют извлекать из текста цепочки лексем и обычно представляют собой правила языковой грамматики, содержащие обобщенные структуры цепочек лексем, с указанием морфологических характеристик последних. Таким образом, применение подхода «мешок слов» не имеет смысла, ввиду его игнорирования порядка слов в предложении, а поэтому и потенциальной невозможности получения признаков, представляющих какие-либо отношения между лексемами. Применение подходов с применением различных N-грамм в этом отношении более предпочтительно, однако позволяет выявить лишь отношения порядкового следования между лексемами, опуская при этом наличие каких-либо смысловых отношений между ними и их морфологические характеристики.

Исходя из приведенных доводов, предлагается задачу извлечения признаков решать в два этапа. На первом этапе производить анализ текста с использованием библиотеки SyntaxNet [7], использующей в своей работе обученную нейронную сеть и дающей на выходе описание синтаксических структур предложений текста в виде их синтаксических деревьев, представленных в формате CoNLL-U [8]. Далее на основе этих результатов, формировать входные данные для алгоритма кластеризации.

Преимуществом такого способа является большее число признаков, которые потенциально можно сформировать на основе результатов применения SyntaxNet. В этом случае они будут описывать структурное положение лексемы в предложении, ее синтаксические отношения (в терминологии Universal dependencies [9]) и морфологические характеристики. Минусом в этом случае является значительно более высокие требования к аппаратным ресурсам (объему оперативной памяти) при анализе набора текстов с помощью SyntaxNet, чем при использовании N-грамм подходов и «мешка слов». По этой причине при применении технологии имеет смысл взять некоторый фрагмент текстового набора, который бы являлся характеристическим. То есть содержал предложения, включающие все возможные формулировки искомого фактов. В самом простом случае из исходного набора можно выбрать фрагмент максимально возможного для обработки на имеющейся аппаратной платформе объема.

Далее рассмотрим вопрос выбора алгоритма кластеризации и подготовку для него входных данных на основе полученных от использования SyntaxNet результатов.

КЛАСТЕРИЗАЦИЯ ПРЕДЛОЖЕНИЙ

На сегодняшний день существует множество алгоритмов кластеризации и их модификаций. В рассматриваемом случае выбор алгоритма необходимо осуществлять с учетом следующих условий:

- кластеризуемые объекты представляют собой наборы значений категориальных признаков, полученных в результате анализа предложений текста;
- количество значений признаков у каждого объекта может быть произвольным;
- количество возможных значений признака может быть большим;
- количество объектов кластеризации может быть большим.

Исходя из этого, для кластеризации был выбран алгоритм CLOPE [10]. Он относится к иерархическим алгоритмам и оперирует данными, представленными в виде транзакций, которые представляют собой множество значений, описывающих кластеризуемый объект. Порядок значений не важен, как и наличие всего набора значений в транзакции.

В основе алгоритма кластеризации CLOPE лежит идея максимизации глобальной функции стоимости текущего распределения транзакций по кластерам, что ускоряет его работу, так как избавляет от необходимости попарного сравнения всех транзакций между собой для определения их близости. На каждой итерации алгоритма для каждой транзакции определяется цена ее удаления из текущего кластера и цена добавления в другие существующие кластеры или в новый кластер. На основании вычисленных значений принимается решение о перемещении транзакции в другой существующий или новый кластер или же о том, что она остается в текущем кластере. Завершение работы алгоритма происходит, если за итерацию не было совершено ни одного перемещения.

Количество кластеров определяется автоматически и зависит от задаваемого пользователем коэффициента отталкивания, влияющего на цены добавления/удаления транзакции и тем самым определяющего требуемую степень сходства транзакций одного кластера.

Применение алгоритма CLOPE требует преобразования полученных результатов работы SyntaxNet в набор транзакций. Генерируемый с помощью SyntaxNet выходной файл в формате CoNLL-U представляет собой набор строк, каждая из которых описывает одну лексему. Данное описание включает порядковый номер лексемы в предложении, морфологические характеристики, вид UD-отношения и номер лексемы, с которой установлено это отношение. Таким образом, каждое предложение анализируемых текстов представляется в виде древовидной структуры, где узлами являются лексемы с их морфологическими характеристиками, а в качестве корневого элемента дерева выступает обычно лексема-сказуемое предложения (рис. 1).



Рисунок 1 – Пример синтаксического дерева предложения

На данном этапе исследования каждая транзакция формировалась в виде множества элементов, каждый из которых является набором признаков одной лексемы предложения

(уровень в дереве, морфологические характеристики – часть речи, род, число и т.д.) или отношением между ними. Например, рассмотрим лексему «Порядок» предложения «Порядок осуществления радиоконтроля определяется правительством». Она располагается на 1-м уровне синтаксического дерева (рис.1) и имеет морфологические признаки (одушевленность, падеж род, число, часть речи): Animacy=Inan, Case=Nom, Gender=Masc, Number=Sing, fPOS=NOUN. Соответствующий ей элемент транзакции формируется из номера уровня и сокращенных значений признаков – *InNoMaSiNO*. Отношение между лексемами, например, между «Порядок» и «Определяется» представляется конкатенацией соответствующих им элементов с указанием наименования отношения – *InNoMaSiNO_nsubpass_0ImInSi3PrFiPaVE*.

После формирования набора транзакций осуществляется их кластеризация. Затем выбираются кластеры, содержащие более одной транзакции. Содержимое данных кластеров представляется в виде синтаксических деревьев предложений, соответствующих находящимся в них транзакциям. Предполагается, что это позволит аналитику выделить кластеры предложений, содержащих искомые факты, и далее по структурам данных предложений сформировать набор лексико-синтаксических паттернов.

ПРИМЕР ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЛЕКСИКО-СИНТАКСИЧЕСКИХ ПАТТЕРНОВ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ДЕОНТИЧЕСКИХ ВЫСКАЗЫВАНИЙ

Рассмотрим применение представленной технологии для извлечения деонтических высказываний из текстов нормативных документов. Деонтическим высказыванием является высказывание, определяющее нормативный статус некоторого действия. Структурно в нем выделяют следующие компоненты: характер нормы (запрет, разрешение, обязательство), содержание нормы (некоторое действие), условия приложения нормы и субъект нормы (лицо или группа лиц, которым адресована норма).

Проблема выявления таких высказываний с помощью лексико-синтаксических паттернов состоит в существенной вариативности их формулировок, выявление которых требует изучения большого объема текстового материала. В этой связи применение технологии позволяет сгруппировать предложения со сходной структурой в некотором количестве кластеров. Проанализировав их состав на предмет содержания деонтических высказываний, аналитик может выявить характерные структуры предложений, представляющих собой деонтические высказывания, для последующего описания данных структур в виде лексико-синтаксических паттернов.

Для проведения апробации предлагаемой технологии был сформирован набор из 86 текстов законов, общим объемом 55 МБ. В ходе предварительного анализа исходных тестов было выявлено, что они содержат большое количество наборов символов, которые не являются предложениями, то есть могут быть простым набором чисел (дата, порядковый номер) или лексем (заголовок, элемент списка). Вместе с этим также встречались предложения со сложной структурой, разбитые по нескольким строкам. Например, предложения, включающие список других предложений. Анализ с помощью SyntaxNet таких языковых структур приводил к появлению большого количества некорректных результатов, поэтому исходные данные подверглись грубой очистке. Это производилось путем отбора целых предложений, содержащих глагол и согласованное с ним существительное. В итоге полученный фрагмент текстового набора составил 4784 предложения общим объемом 6 МБ. Далее производился его анализ с помощью библиотеки SyntaxNet, представляющей на выходе синтаксические деревья исходных предложений в формате CONLL-U. Этот результат был преобразован во множество транзакций с помощью рассмотренной ранее процедуры и кластеризован с помощью алгоритма CLOPE.

Основной проблемой на данном этапе являлось получение приемлемого количества кластеров, содержащих более 1 транзакции (т.е. предложения). На это оказывает влияние параметр самого метода кластеризации – коэффициент отталкивания, а также вариативность

транзакций. Значение коэффициента отталкивания (чем оно выше, тем более транзакции должны быть «похожи» для попадания в один кластер) было выставлено равным минимальному значению – 1, чтобы нивелировать его влияние на требуемую степень сходства транзакций. Вопрос выработки рекомендаций для определения его оптимального значения на данном этапе не был исследован.

В свою очередь, было выявлено, что вариативность транзакций в значительной степени определяется процедурой представления синтаксических деревьев в транзакции, так как именно она задает элементы дерева, по которым будет осуществляться сопоставление в рамках кластеризации. Отбор таких элементов необходимо производить, имея некоторое предположение о том, какими элементами структуры предложений будут представляться типовые формулировки искомых фактов.

В рассматриваемом случае предполагалось, что похожесть формулировок будет проявляться главным образом в основе предложения – лексеме-сказуемом и непосредственно связанными с ней лексемами. Поэтому при формировании транзакций в них заносились лишь элементы и отношения с 2 верхних уровней синтаксических деревьев. Это позволило потенциально снизить вариативность транзакций и проводить сопоставление только с учетом определенных частей предложений.

В результате из исходных 4784 кластеров было получено 2573 кластера для последующего анализа. Каждый из них содержал транзакции, соответствующие предложениям с общей синтаксической структурой. Если при этом сами предложения могут быть отнесены к деонтическим высказываниям, то можно сделать вывод о том, что данная структура характерна для деонтических высказываний. Чем больше транзакций в некотором кластере, тем чаще соответствующая структура используется для формулировки деонтических высказываний. Таким образом, размер кластера указывает вероятную будущую результативность лексико-синтаксических паттернов, сформированных на основе представленной в нем синтаксической структуры.

Из всех полученных кластеров были отобраны 283 кластера, имеющие размер (количество содержащихся в них транзакций) более 3-х транзакций. Далее если предложения, соответствующие транзакциям некоторых из этих кластеров, являлись деонтическими высказываниями, то производился анализ синтаксических структур этих предложений, а также морфологических характеристик входящих в них лексем. После чего на основе полученных результатов осуществлялось формирование лексико-синтаксических паттернов.

Рассмотрим это на примере анализа некоторых полученных в результате применения технологии кластеров № 240, 255 (номер кластеру присваивается на этапе кластеризации и служит только для его идентификации). Для наглядности содержимое данных кластеров приводится в виде нескольких транзакций, каждая из которых представлена некоторыми своими элементами с соответствующими им лексемами, а также предложением текста, отражаемого в транзакции:

== Cluster:[240] == size:[10]

OPoAD – вправо IImInVE – осуществлять IInNoFeSiNO – палата Счетная палата Российской Федерации и иные государственные органы в соответствии с законодательством Российской Федерации вправе осуществлять контроль за деятельностью государственных корпораций.

OPoAD – вправо IImInVE – осуществлять IInNoFeSiNO – организация Автономная некоммерческая организация вправе осуществлять предпринимательскую деятельность, соответствующую целям, для достижения которых создана указанная организация.

OPoAD – вправо IImInVE – издавать IInNoFeSiNO – корпорация Государственная корпорация по космической деятельности «Роскосмос» вправе издавать в сфере технического регулирования акты только рекомендательного характера.

OPoAD – вправо IImInVE – открывать IInNoFeSiNO - организация Некоммерческая организация вправе в установленном порядке открывать счета в банках на территории

Российской Федерации и за пределами ее территории, за исключением случаев, установленных федеральным законом.

...

== Cluster:[255] == size:[6]

OPoPIBrAD – обязаны IAnNoMaPINo – операторы ImInVE – оказывать InLoNeSiNo - проведении При проведении уполномоченными государственными органами следственных действий операторы связи обязаны оказывать этим органам содействие в соответствии с требованиями уголовно-процессуального законодательства.

OPoPIBrAD – должны IAnNoMaPINo – Владельцы ImInVE – осуществлять Владельцы транспортных средств должны осуществлять обязательное страхование своей гражданской ответственности в соответствии с федеральным законом.

OPoPIBrAD – обязаны IAnNoMaPINo – Пользователи ImInVE – вносить IPoAD – статьи, Пользователи услугами связи, указанные в пункте 1 настоящей статьи, обязаны вносить плату за оказанные им услуги связи в полном объеме с последующей компенсацией произведенных ими расходов непосредственно за счет средств бюджета соответствующего уровня.

OPoPIBrAD – должны IAnNoMaPINo – Страховщики ImInVE – располагаться Страховщики и их представители должны располагаться в приспособленных для выполнения своих функций помещениях и иметь доступ к автоматизированной информационной системе обязательного страхования, созданной в соответствии со статьей 30 настоящего Федерального закона.

...

В данных кластерах представлены транзакции и соответствующие им предложения, которые, исходя из их содержания, относятся к разрешающим (кластер 240) и обязующим (кластер 255) деонтическим высказываниям. При этом можно указать структуры формулировок данных высказываний в виде цепочек лексем, включающих лексему-существительное или местоимение и согласованную по роду и числу следующую за ней лексему-глагол или сочетание лексем из некоторого множества:

<существительное/местоимение> вправе осуществлять/издавать/открывать

<существительное/местоимение> обязаны/должны оказывать/вносить/располагаться

Данные структуры могут быть описаны на языке паттернов используемого синтаксического анализатора. Например, на языке паттернов синтаксического анализатора LSPL[4] они могут быть представлены следующим образом:

DeonA = Subject {W}<0, N> ActionA =text> Subject ActionA

DeonB = Subject {W}<0, N> ActionB =text> Subject ActionB

Subject = {N1 | Pn1} =text> N1 Pn1

ActionA =

[W(вправе)] {V<осуществлять> <N1.n=V.n, N1.g=V.g> | V<издавать> <N1.n=V.n, N1.g=V.g> | V<открывать><N1.n=V.n, N1.g=V.g> | V<осуществлять> <Pn1.n=V.n, Pn1.g=V.g> | V<издавать> <Pn1.n=V.n, Pn1.g=V.g> | V<открывать> <Pn1.n=V.n, Pn1.g=V.g>} =text> W V

ActionB =

{A(должен) <Pn1.n=A.n, Pn1.g=A.g>|A(обязан)<Pn1.n=A.n, Pn1.g=A.g>} {V<оказывать> | V<вносить>| V<располагаться>} =text> A V

Для сравнения было произведено формирование паттернов без применения предложенной технологии на основе начального набора эвристик вида: деонтические высказывания содержат глаголы «запрещать», «разрешать», «обязывать». В этом случае необходимо было производить несколько итераций анализа текста синтаксическим анализатором, расширяя и уточняя набор эвристек и соответствующие им паттерны, для более точного извлечения только необходимых цепочек лексем. При практическом применении каждая такая итерация требует дополнительных затрат труда и времени

аналитика. Однако всегда остается вопрос полноты полученной в итоге модели факта, то есть потенциального охвата заданными паттернами возможных формулировок.

Применение технологии, напротив, позволяет аналитику сосредоточить свое внимание на отборе и представлении синтаксических структур в виде паттернов. В этом случае по размеру кластера он может оценить целесообразность использования той или иной структуры, а также, имея список отобранных структур, оптимизировать их представление, указав, например, один сложный паттерн для нескольких из них. При этом полнота модели факта гарантируется в большей степени, так как модель строится, исходя из кластеров, полученных на основе значительного текстового фрагмента.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Решение задачи извлечения фактов требует от аналитика данных описания их обобщенной модели на языке того средства, которое он будет использовать. Это, в свою очередь, предполагает наличие у него некоторых предположений о формах представления фактов в наборе данных. На сегодняшний день распространено применение синтаксических анализаторов для извлечения фактов из большого объема текстовых данных. В этом случае аналитик обычно описывает модель фактов в виде набора лексико-синтаксических паттернов. Для этого он должен иметь некоторые предположения о том, какие синтаксические структуры, а также лексемы и их сочетания используются для представления фактов. Это зависит от объема его знаний предметной области, а также возможного наличия языковой специфики в рассматриваемых тематических текстах.

Представленная технология позволяет снизить негативное влияние данных факторов на детализацию описания модели факта. Это осуществляется за счет автоматического анализа некоторого достаточно большого фрагмента текстовых данных и представления аналитику структурированных результатов меньшего объема, пригодных для последующего выявления признаков наличия фактов и формализации этих признаков в виде набора лексико-синтаксических паттернов.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 16-07-00562).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Grishman R., Mitkov R. Information Extraction. – The Oxford Handbook of Computational Linguistics. – Oxford University Press, 2003. – P. 545-559.
2. Bolshakov I A., Gelbukh A. Computational Linguistics. Models, Resources, Applications. – Mexico, IPN, 2004. – 186 p.
3. Ермаков А.Е., Плешко В.В., Митюнин В.А. RCO Pattern Extractor: компонент выделения особых объектов в тексте. – Информатизация и информационная безопасность правоохранительных органов: XII Международная научная конференция; сборник трудов. – Москва, 2003. – С. 312-317.
4. Большакова Е.И., Носков А.А. Программные средства анализа текста на основе лексико-синтаксических шаблонов языка LSPL. – М.: Изд. отдел факультета ВМиК МГУ имени М.В.Ломоносова. – МАКС Пресс, 2010.
5. Томита-парсер [Электронный ресурс]. – URL: <http://api.yandex.ru/tomita/>.
6. Нугуманова А.Б. и др. Обогащение модели Bag-of-Words семантическими связями для повышения качества классификации текстов предметной области / А.Б. Нугуманова, И.А. Бессмертный, П. Пецина, Е.М. Байбурин // Программные продукты и системы, 2016. – № 2. – С. 89-99; doi: 10.15827/0236-235X.114.089-099.
7. SyntaxNet [Электронный ресурс]. – URL: <https://github.com/tensorflow/models/tree/master/research/syntaxnet>.
8. CoNLL-U [Электронный ресурс]. – URL: <http://universaldependencies.org/format.html>.
9. Marie-Catherine M. and other. Universal Stanford dependencies: A cross-linguistic typology. / M. Marie-Catherine, T. Dozat, N. Silveira, K. Haverinen, F. Ginter, J. Nivre, C.

Manning // Proceedings of the Ninth International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC-2014), 2014. – Vol. 14.

10. Yang Y., Guan X., You J. CLOPE: a fast and effective clustering algorithm for transactional data. In Proceedings of the eighth ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining (KDD '02). – ACM. – New York, NY, USA. – P. 682-687; DOI=<http://dx.doi.org/10.1145/775047.775149>.

Ломов Павел Андреевич

ФГБУН Институт информатики и математического моделирования технологических процессов
Кольского НЦ РАН, г. Апатиты
Кандидат технических наук, старший научный сотрудник
Тел.: 8 952 296 76 33
Email: lomov@iimm.ru

P.A. LOMOV (*Candidate of Engineering Sciences, Senior Researcher*)
Institute of Informatics and Mathematical Modeling Process Kola
Scientific Center of Russian Academy of Sciences, Apatity'

**TECHNOLOGY FOR SUPPORT THE FACT MODEL FORMATION
IN THE CONTEX OF FACT EXTRACTION PROBLEM**

The solution of the problem of extracting facts from natural language texts using syntactic analyzers assumes the existence of a fact model that is usually created by the analyst heuristically based on his knowledge of the subject area and/or as a result of his consideration of the analyzed set of texts. The paper presents a technology for automating this process, which allows revealing the characteristic signs of the presence of facts in text sentences of arbitrary subjects to form as a result a model of fact in the form of lexical-syntactic patterns used in the syntactic analyzers at the extraction stage. The article discusses the main stages of technology implementation: obtaining structures (syntactic trees) of text sentences, their clustering and analyzing the obtained structured results by an analyst to form a set of lexical-syntactic patterns. The application of technology for the formation of patterns in the task of extracting normative (deontic) statements from the text is considered.

Keywords: *lexical-syntactic patterns; fact extraction; categorical clustering; fact model.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Grishman R., Mitkov R. Information Extraction. – The Oxford Handbook of Computational Linguistics. – Oxford University Press, 2003. – P. 545-559.
2. Bolshakov I. A., Gelbukh A. Computational Linguistics. Models, Resources, Applications. – Mexico, IPN, 2004. – 186 p.
3. Ermakov A.E., Pleshko V.V., Mityunin V.A. RCO Pattern Extractor: komponent vydeleniya osobyh ob"ektov v tekste. – Informatizatsiya i informacionnaya bezopasnost' pravoohranitel'nyh organov: XII Mezhdunarodnaya nauchnaya konferenciya; sbornik trudov. – Moskva, 2003. – S. 312-317.
4. Bol'shakova E.I., Noskov A.A. Programmnye sredstva analiza teksta na osnove leksiko-sintaksicheskikh shablonov yazyka LSPL. – M.: Izd. otdel fakul'teta VMiK MGU imeni M.V.Lomonosova. – MAKS Press, 2010.
5. Tomita-parser [Elektronnyj resurs]. – URL: <http://api.yandex.ru/tomita/>.
6. Nugumanova A.B. i dr. Obogashchenie modeli Bag-of-Words semanticheskimi svyazyami dlya povysheniya kachestva klassifikatsii tekstov predmetnoj oblasti / A.B. Nugumanova, I.A. Bessmertnyj, P. Pecina, E.M. Bajburin // Programmnye produkty i sistemy, 2016. – № 2. – S. 89-99; doi: 10.15827/0236-235X.114.089-099.
7. SyntaxNet [Elektronnyj resurs]. – URL: <https://github.com/tensorflow/models/tree/master/research/syntaxnet>.
8. CoNLL-U [Elektronnyj resurs]. – URL: <http://universaldependencies.org/format.html>.
9. Marie-Catherine M. and other. Universal Stanford dependencies: A cross-linguistic typology. / M. Marie-Catherine, T. Dozat, N. Silveira, K. Haverinen, F. Ginter, J. Nivre, C. Manning // Proceedings of the Ninth International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC-2014), 2014. – Vol. 14.
10. Yang Y., Guan X., You J. CLOPE: a fast and effective clustering algorithm for transactional data. In Proceedings of the eighth ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining (KDD '02). – ACM. – New York, NY, USA. – P. 682-687; DOI=<http://dx.doi.org/10.1145/775047.775149>.

УДК 621.396

Ал. С. БЕЛОВ, Ан. С. БЕЛОВ, С.П. БЕЛОВ,
А.В. КОСЬКИН, С.И. МАТОРИН, С.А. РАЧИНСКИЙ**МЕТОД ЦИКЛОВОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ СВЯЗИ**

В настоящее время одним из важнейших видов информационного обмена является удаленное взаимодействие между территориально распределенными абонентами с использованием широкого класса беспроводных телекоммуникационных систем. Одним из важных требований, предъявляемым к таким системам, является минимальное время обработки принимаемых сигналов с обеспечением требуемого уровня их достоверности. Выполнение этого требования в принципе невозможно без наличия эффективных устройств поиска и синхронизации указанных сигналов. Особенно сложным процессом является построение устройств поиска и синхронизации для высокоорбитальных спутниковых телекоммуникационных систем, так как в этих системах наряду с рассогласованием принимаемых сигналов по времени их прихода с опорными сигналами, существует и рассогласование по частоте, вызванное наличием эффекта Доплера.

В связи с этим, в статье предлагается метод быстрого поиска и синхронизации для высокоорбитальных спутниковых телекоммуникационных систем при использовании в них в качестве переносчиков информации широкополосных шумоподобных сигналов с линейной частотной модуляцией. В основе разработанного алгоритма лежит учет особенностей формирования указанных сигналов.

Ключевые слова: *высокоорбитальные спутниковые телекоммуникационные системы; алгоритм поиска и синхронизации; широкополосные шумоподобные сигналы; линейно-частотная модуляция.*

ВВЕДЕНИЕ

Одним из перспективных направлений в области разработки методов формирования широкополосных шумоподобных сигналов (ШШС) для современных высокоорбитальных спутниковых телекоммуникационных систем является использование специальных кодов и новых методов расширения спектра. Однако, целесообразность применения того или иного класса сигналов в любой информационно-телекоммуникационной системе (ИТС) во многом определяется возможностями создания эффективных устройств их поиска и синхронизации. В настоящее время существуют различные подходы к построению устройств, позволяющих уменьшить время поиска и синхронизации по задержке принимаемых ШШС [1-11], в которых расширение спектра осуществляется путем передачи каждого элемента информационной последовательности («1» и «0»), отличающимися друг от друга псевдослучайными последовательностями (ПСП), которые затем модулируют по фазе высокочастотное колебание. Такие классы сигналов получили в литературе название ФМ ПСП сигналы. Однако ФМ ПСП сигналы не обладают свойством инвариантности к доплеровскому рассогласованию по частоте [12], что не позволяет минимизировать временные затраты высокоорбитальных спутниковых телекоммуникационных систем на поиск этих сигналов по частоте.

В связи с этим, в статье предлагается алгоритм быстрого поиска и синхронизации ШШС с линейной частотной модуляцией, позволяющий минимизировать временные затраты высокоорбитальных спутниковых телекоммуникационных систем на их поиск и синхронизацию по частоте и задержке.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Предлагаемый класс ШШС с линейной частотной модуляцией получен в результате сопоставления каждому информационному символу (0 или 1) набора элементов линейно-частотно модулированного базиса, количество которых является взаимно простыми числами,

причем крутизна модуляционных характеристик (μ) указанного базиса для передачи нулевого и единичного информационных символов одинаковы. В математическом виде огибающая разработанного класса ШШСКК с элементами линейно частотно модулированного базиса, количество которых является взаимно простыми числами (N_I и N_0) для передачи соответственно единичного (рис. 1) и нулевого (рис. 2) информационных символов ($I_0=0$ и $I_1=1$) может быть записана следующим образом:

$$S(t) = \begin{cases} S_0 \cdot \sum_{l=1}^{N_I} I_l \cdot \text{rect} \left\{ \frac{t - (l-1) \frac{T_{I_l}}{N_I}}{\frac{T_{I_l}}{N_I}} \right\} \cdot \exp \left(j \cdot \left(\omega_0 \cdot \left(t - (l-1) \frac{T_{I_l}}{N_I} \right) + \frac{\mu \left(t - (l-1) \frac{T_{I_l}}{N_I} \right)^2}{2} \right) \right) & \\ 0, \text{ при } T_{I_l} < t < 0 & \\ + S_0 \cdot \sum_{l=1}^{N_0} I_0 \cdot \text{rect} \left\{ \frac{t - (l-1) \frac{T_{I_0}}{N_0}}{\frac{T_{I_0}}{N_0}} \right\} \cdot \exp \left(j \cdot \left(\omega_0 \cdot \left(t - (l-1) \frac{T_{I_0}}{N_0} \right) + \frac{\mu \left(t - (l-1) \frac{T_{I_0}}{N_0} \right)^2}{2} \right) \right) & \\ 0, \text{ при } T_{I_0} < t < 0 & \end{cases} \quad (1)$$

где S_0 – амплитуда огибающей сигнала, в дальнейшем постоянная величина, равная 1; $\text{rect}(x)$ – прямоугольная «срезающая» функция, определяемая выражением:

$$\text{rect}(x) = \begin{cases} 1, & \text{при } 0 \leq x \leq 1; \\ 0, & \text{при других } x. \end{cases}$$

ω_0 – средняя частота ЛЧМ радиоимпульса; T_{I_0} и T_{I_1} – длительности I_0 и I_1 информационных символов; $\frac{T_{I_1}}{N_1}$ и $\frac{T_{I_0}}{N_0}$ – длительности элементов линейно частотно модулированного базиса единичного и нулевого информационных символов; μ – крутизна модуляционной характеристики ЛЧМ радиоимпульса (скорость изменения частоты), связанная с его девиацией частоты ΔF и длительностью T_0 соотношением: $\mu = \frac{2 \cdot \pi \cdot \Delta F}{T}$.

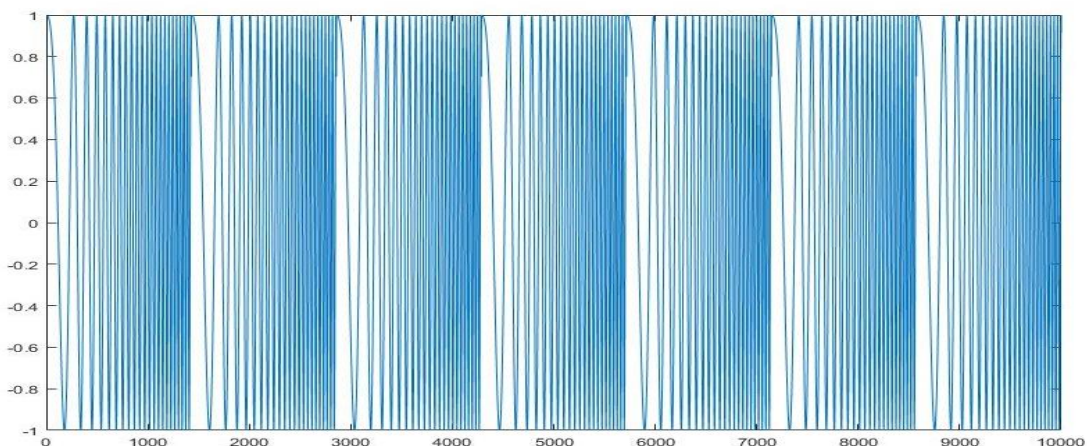


Рисунок 1 – ШШС с линейной частотной модуляцией с количеством элементов линейно частотно модулированного базиса, равным $N_1=7$ для передачи единичных информационных символов $I_1=1$

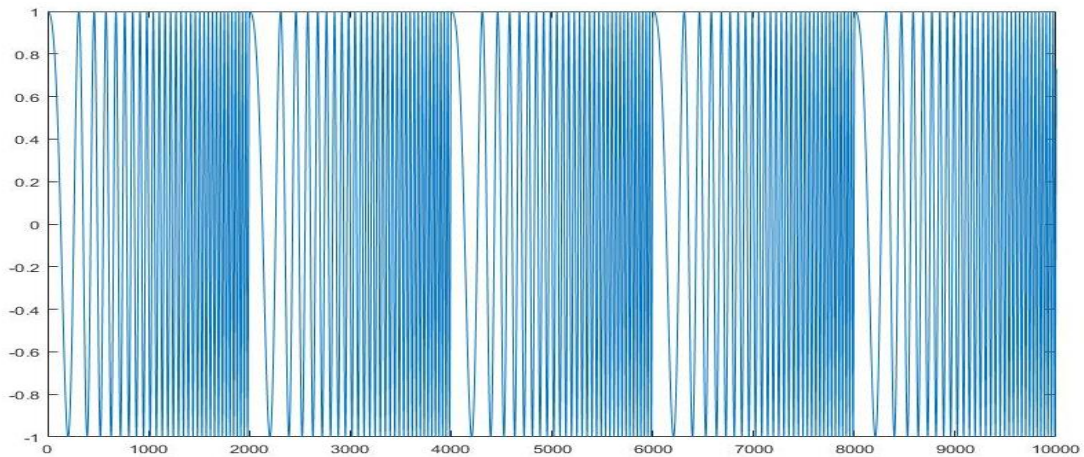


Рисунок 2 – ШШС с линейной частотной модуляцией с количеством элементов линейно частотно модулированного базиса равным $N_0 = 5$ для передачи единичных информационных символов $I_0=0$

Как было отмечено выше, при создании эффективных устройств поиска и синхронизации для высокоорбитальных спутниковых телекоммуникационных систем очень важно исследовать влияние эффекта Доплера на характеристики используемых для передачи информации сигнальных конструкций.

Для оценки доплеровского сдвига частоты, как известно [13-14], широко используется функция неопределенности (ФН), которая в математическом виде может быть представлена следующим образом:

$$\chi_i(\tau, F_d) = \frac{1}{2E} \int_{-\infty}^{\infty} S_i(t) \cdot S_i^*(t - \tau) \cdot \exp(j2\pi F_d t) dt \quad (2)$$

где τ – временной сдвиг между сигналами; F_d – доплеровский сдвиг частоты; E – энергия сигнала; $S_i(t)$ – огибающая принимаемого i -ого сигнала; $S_i^*(t - \tau)$ – комплексно-сопряженная огибающая i -ого сигнала.

На основании большого объема проведенных экспериментальных исследований было установлено, что характер изменения огибающей ФН ШШС сигналов с линейной частотной модуляцией для различных значений доплеровского сдвига частоты и величине их базы $B = \Delta F * T$ не имеет каких-либо особенностей, определенных видом модуляции и совпадает с огибающей ФН «обычного ЛЧМ сигнала», который, как известно [13-14], инвариантен к доплеровскому рассогласованию частоты в реальных пределах его изменения (F_d от 0 до 50 кГц). Типичные примеры ФН ШШС сигналов с линейной частотной модуляцией в графическом виде представлены на рисунках 3-4.

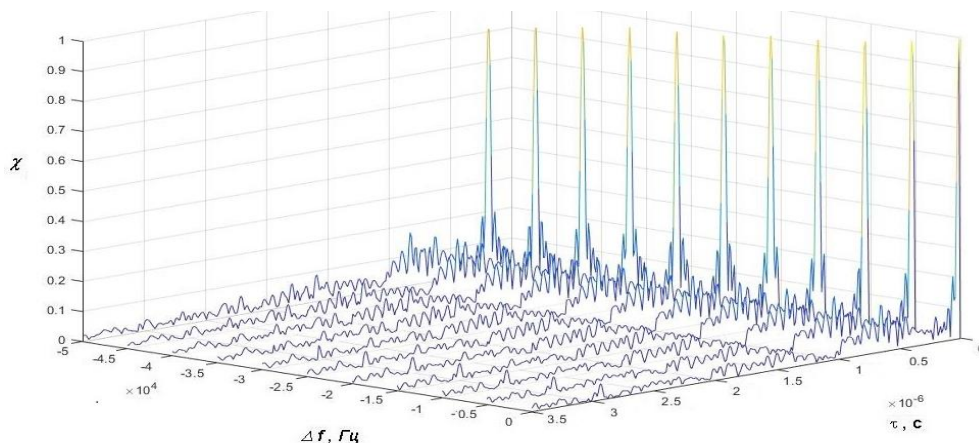


Рисунок 3 – Значения ФН для ШШС с линейной частотной модуляцией, $B = 600$

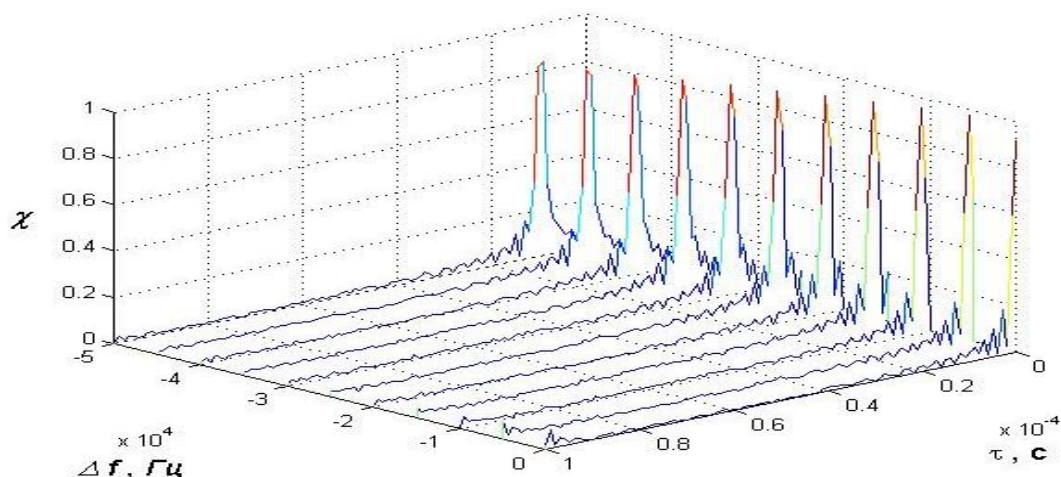


Рисунок 4 – Значения ФВН для ШШС с линейной частотной модуляцией, $B = 1000$

Очень важным, с точки зрения оценки уровня внутрисистемных помех, возникающих при реализации многоканальной передачи информации с кодовым разделением адресов, является анализ особенностей формы огибающих функции взаимной неопределенности (ФВН) ШШС с линейной частотной модуляцией, огибающая которых имеет вид:

$$\dot{\chi}_{ij}(\tau, F_d) = \frac{1}{2E} \int_{-\infty}^{\infty} \dot{S}_i(t) \cdot \dot{S}_j^*(t - \tau) \cdot \exp(j2\pi F_d t) dt \quad (3)$$

где $\dot{S}_j^*(t - \tau)$ – комплексно-сопряженная огибающая j -ого сигнала.

В результате большого числа проведенных экспериментальных исследований с различным числом элементов ($N_0 \neq N_1$) было доказано, что максимальный уровень огибающей ФВН не превышает величины:

$$\frac{k}{\sqrt{N_0 N_1}}, \quad (4)$$

где k – коэффициент, характеризующий число совпадений моментов возникновения одинаковых по значению элементов линейно частотно модулированного базиса единичного и нулевого информационных символов у различных ШШС с линейной частотной модуляцией.

Минимальный уровень огибающих ФВН можно получить при $k=1$, т.е. только в том случае, если N_0 и N_1 будут взаимно простыми числами. На рисунках 5-6 представлены примеры ФВН ШШС с линейной частотной модуляцией с взаимно простым числом N_0 и N_1 .

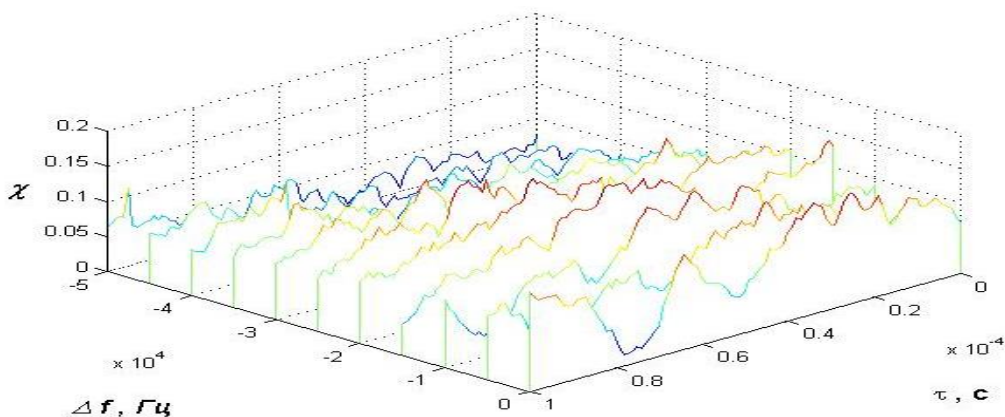


Рисунок 5 – Значения ФВН для ШШС с линейной частотной модуляцией, $N_0=17, N_1=13$

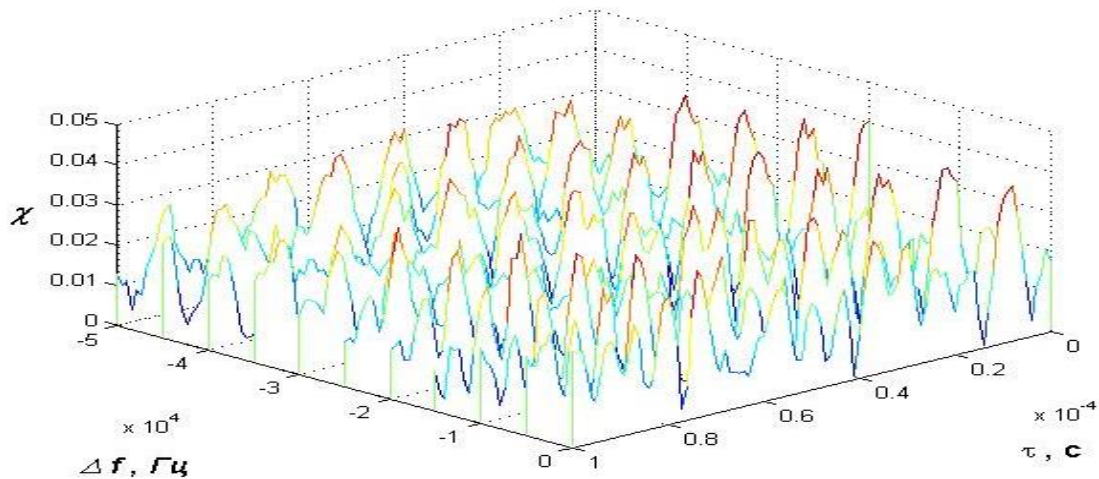


Рисунок 6 – Значения ФВН для ШПС с линейной частотной модуляцией, $N_0=67$, $N_1=61$

Используя указанные свойства ШПС с линейной частотной модуляцией, был разработан быстрый алгоритм их поиска и синхронизации, суть которого состоит в следующем:

1. Формируется, как показано на рисунке 7, при «1» информационном символе, с помощью первого линейного сдвигающего регистра кодовая бинарная последовательность из N_1 (простое число) элементов, длительностью T_{I_1} . Сформированная последовательность записывается в регистр памяти №1.

2. Формируется, как показано на рисунке 7, при «0» информационном символе, с помощью второго линейного сдвигающего регистра кодовая бинарная последовательность из N_0 (простое число) элементов, длительностью T_{I_0} . Сформированная последовательность записывается в регистр памяти №2.

3. С выхода регистра памяти №1 кодовая бинарная последовательность, соответствующая «1» информационному символу, поступает на вход генератора линейно изменяющегося напряжения №1, параллельно с этим, с выхода регистра памяти №2 кодовая бинарная последовательность, соответствующая «0» информационному символу поступает на вход генератора линейно изменяющегося напряжения №2, на выходах которых формируются импульсы различной длительности, число которых, как видно из рисунка 7, равно N_1 и N_0 соответственно.

4. Импульсы с выхода генератора линейно изменяющегося напряжения №1 поступают на вход генератора ЛЧМ сигнала №1, параллельно с этим, импульсы с выхода генератора линейно изменяющегося напряжения №2 поступают на вход генератора ЛЧМ сигнала №2.

5. Сигналы с выходов генераторов ЛЧМ сигналов №1 и №2 через высокочастотные каскады поступают в канал связи.

6. На приемной стороне ЛЧМ сигналы поступают на объединенный вход двух параллельно подключенных каналов, предназначенных соответственно для обработки «1» или «0» информационных символов, в состав каждого из которых входят последовательно соединенные согласованный фильтр для обработки ЛЧМ сигнала и рециркулятор, в цепи обратной связи которого включен элемент задержки, равной T_{I_1} (в канале для обработки «1»

информационного символа) и равной T_{I_0} (в канале для обработки «0» информационного символа), выходы обоих каналов через сумматор подключены к входу компаратора, на выходе которого появится сигнал только в том случае, если одновременно на выходах обеих рециркуляторов будет сигнал, т.е. в момент цикловой синхронизации. Время вхождения в режим цикловой синхронизации будет равно длительности одной информационной посылке.

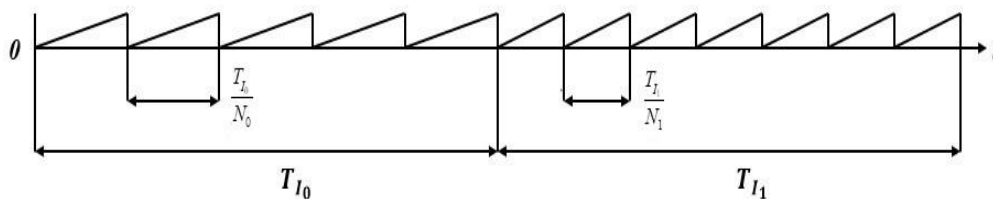


Рисунок 7 – Временная форма ШПС сигнала с линейной частотной модуляцией

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведенных теоретических и экспериментальных исследований было показано, что одним из перспективных направлений в области разработки методов формирования широкополосных шумоподобных сигналов для современных высокоорбитальных спутниковых телекоммуникационных систем является использование специальных кодов и новых методов расширения спектра.

Предложенный в статье новый класс широкополосных шумоподобных сигналов с линейной частотной модуляцией, полученный в результате сопоставления каждому информационному символу (0 или 1) набора элементов линейно частотно модулированного базиса, количество которых являются взаимно простыми числами и обладает следующими свойствами:

1. Изменение значений огибающих функций неопределенности указанных сигналов при различных значениях доплеровского сдвига частоты и величине их базы $B = \Delta F \cdot T$ не имеет каких-либо особенностей, определенных видом модуляции и совпадает со значениями огибающих функций неопределенности «обычного ЛЧМ сигнала», который, как известно [13-14], инвариантен к доплеровскому рассогласованию частоты в реальных пределах его изменения (F_d от 0 до 50 кГц).

2. Максимальный уровень огибающих функций взаимной неопределенности предложенных сигналов не превышает величины:

$$\frac{k}{\sqrt{N_0 N_1}},$$

где k – коэффициент, характеризующий число совпадений моментов возникновения одинаковых по значению элементов линейно частотно модулированного базиса единичного и нулевого информационных символов у различных ШПС с линейной частотной модуляцией.

Минимальный уровень огибающих функций взаимной неопределенности предложенных сигналов можно получить при $k=1$, т.е. только в том случае, если N_0 и N_1 будут взаимно простыми числами.

3. Полученные результаты исследований свойств нового класса широкополосных шумоподобных сигналов позволяют предложить этот класс сигналов в качестве переносчика информации при организации удаленного информационного обмена между территориально распределенными абонентами с использованием высокоорбитальных спутниковых телекоммуникационных систем.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенный быстрый алгоритм поиска и синхронизации ШПС сигналов с линейной частотной модуляцией, основанный на учете особенностей свойств указанного класса сигналов, позволяет значительно сократить время поиска и вхождения в синхронизм высокоорбитальных спутниковых телекоммуникационных систем по сравнению с существующими подходами.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ №17-07-00289.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борисов В.И., Зинчук В.М., Лимарев А.Е. Помехозащищенность систем радиосвязи с расширением спектра сигналов модуляцией несущей псевдослучайной последовательностью. – М.: Радио и связь, 2003. – 640 с.
2. Журавлев В.И. Поиск и синхронизация в широкополосных системах. – М.: Радио и связь, 1986. – 240 с.
3. Варакин Л.Е. Системы связи с шумоподобными сигналами. – М.: Радио и связь, 1985. – 384 с.
4. Мартынов Е.М. Синхронизация в системах передачи дискретных сообщений. – М.: Связь, 1972. – 216 с.
5. Гантмахер В.Е., Быстров Н.Е., Чеботарев Д.В. Шумоподобные сигналы. Анализ, синтез, обработка. – СПб.: Наука и Техника, 2005. – 400 с.
6. Лосев В.В., Бродская Е.Б., Коржик В.И. / Под ред. В.И. Коржика. – М.: Радио и связь, 1988. – 224 с.
7. Короткий П.Е., Ионенко В.Е., Васьковский Э.В. Способ и устройство для быстрой синхронизации в системах с шумоподобными сигналами / № охранного документа 0001841074. Дата публикации 20.04.2015.
8. Анжина В.А. и др. Способ формирования помехоустойчивых сигналов / В.А. Анжина А.В. Кузовников, В.К. Кухтин, А.Е. Пашков, В.Г. Сомов, Г.Я. Шайдуров, Н.В. Демаков // Патент России № 2412551. Дата публикации 20.02.2011.
9. Чугаева В.И. Устройство поиска широкополосных сигналов по задержке // Патент России № 2166230. Дата публикации 27.04.2001.
10. Цуканов М.П., Оганджянн Ю.А. Способ оценки широкополосных сигналов по частоте и устройство для его реализации // Патент России № 2487481. Дата публикации 10.07.2013.
11. Сныткин Т.И., Сныткин И.И., Спирин А.В. Способ ускоренного поиска широкополосных сигналов и устройство для его реализации// Патент России № 2514133. Дата публикации 27.04.2014.
12. Белов С.П. и др. О влиянии доплеровского сдвига частоты на помехоустойчивость спутниковых телекоммуникационных систем со сложными сигналами / С.П. Белов, С.А. Рачинский, Ал.С. Белов, Ан.С. Белов, Н.О. Ефимов // Научные ведомости БелГУ. – Сер. История Политология Экономика Информатика. – № 9 (258). – Вып. 42. – С. 179-186.
13. Кук Ч., Бернфельд М. Радиолокационные сигналы. – М.: Сов. Радио, 1971. – 568 с.
14. Тузов Г.И. Статистическая теория приема сложных сигналов. – М.: Сов. Радио, 1977. – 400 с.

Белов Александр Сергеевич

АНО ВО «Белгородский университет кооперации, экономики и права», г. Белгород
Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры организации и технологии защиты информации
Тел.: 8 (4722) 26-38-31
E-mail: belov_as@bsu.edu.ru

Белов Андрей Сергеевич

ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»,
г. Белгород
Аспирант
Тел.: 8 (4722) 30-13-00 (доб. 2174)
E-mail: belov_a@bsu.edu.ru

Белов Сергей Павлович

ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»,
г. Белгород
Доктор технических наук, профессор, профессор кафедры информационно-телекоммуникационных систем и технологий
Тел.: 8 (4722) 30-13-00 (доб. 2174)
E-mail: belovssergei@rambler.ru

Коськин Александр Васильевич

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г. Орел
Доктор технических наук, профессор, директор департамента информатизации и перспективного развития
Тел.: 8 (4862) 41-98-15
E-mail: kav1959@rambler.ru

Маторин Сергей Игоревич

АНО ВО «Белгородский университет кооперации, экономики и права», г. Белгород
Доктор технических наук, профессор, профессор кафедры информационных систем и технологий
Телефон: 8 (4722) 26-38-31
E-mail: matorin@bsu.edu.ru

Рачинский Сергей Андреевич

ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»,
г. Белгород
Аспирант
Тел.: 8 (4722) 30-13-00 (доб. 2174)
E-mail: 677110@bsu.edu.ru

*Al.S. BELOV (Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of Organization and Technology of Information Security
Belgorod University of Cooperation, Economics and Law, Belgorod*

An.S. BELOV (Post-graduate Student)

*S.P. BELOV (Doctor of Engineering Sciences, Professor,
Professor of the Department of Information and Telecommunication Systems and Technologies)
Belgorod State National Research University, Belgorod*

*A.V. KOS'KIN (Doctor of Engineering Sciences, Professor,
Director of the Department of Informatization and Perspective Development)
Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel*

*S.I. MATORIN (Doctor of Engineering Sciences, Professor,
Professor of the Department of Information Systems and Technologies)
Belgorod University of Cooperation, Economics and Law, Belgorod*

*S.A. RACHINSKIY (Post-graduate Student)
Belgorod State National Research University, Belgorod*

METHOD OF CYCLIC SYNCHRONIZATION OF SATELLITE COMMUNICATION SYSTEMS

Currently, one of the dominant types of information exchange is remote interaction between geographically distributed subscribers using a wide class of wireless telecommunication systems. One of the important requirements for such systems is the minimum processing time of received signals with ensuring the required level of their reliability. Meeting this requirement is in principle impossible without the availability of effective devices for searching and synchronizing these signals. A particularly complicated process is the construction of search and synchronization devices for high-orbit satellite telecommunication systems, since in these systems, along with the mismatch of received signals by the time of their arrival with reference signals, there is also a frequency mismatch caused by the Doppler effect.

In this regard, the article proposes an algorithm for fast search and synchronization for high-orbit satellite telecommunication systems when using them as carriers of information of broadband noise-like signals with linear frequency modulation. The basis of the developed algorithm is taking into account the peculiarities of the formation of these signals.

Keywords: *high-orbit satellite telecommunication systems; search and synchronization algorithm; broadband noise-like signals; linear frequency modulation.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Borisov V.I., Zinchuk V.M., Limarev A.E. Pomekhozashchishchennost' sistem radiosvyazi s rasshireniem spektra signalov modulyaciej nesushchej psevdosluchajnoj posledovatel'nost'yu. – M.: Radio i svyaz', 2003. – 640 s.
2. ZHuravlev V.I. Poisk i sinhronizaciya v shirokopolosnyh sistemah. – M.: Radio i svyaz', 1986. – 240 s.
3. Varakin L.E. Sistemy svyazi s shumopodobnymi signalami. – M.: Radio i svyaz', 1985. – 384 s.
4. Martynov E.M. Sinhronizaciya v sistemah peredachi diskretnyh soobshchenij. – M.: Svyaz', 1972. – 216 s.
5. Gantmaher V.E., Bystrov N.E., CHEbotarev D.V. SHumopodobnye signaly. Analiz, sintez, obrabotka. – SPb.: Nauka i Tekhnika, 2005. – 400 s.
6. Losev V.V., Brodskaya E.B., Korzhik V.I. / Pod red. V.I. Korzhika. – M.: Radio i svyaz', 1988. – 224 s.
7. Korotkij P.E., Ionenko V.E., Vas'kovskij E.V. Sposob i ustrojstvo dlya bystroj sinhronizacii v sistemah s shumopodobnymi signalami / № ohrannogo dokumenta 0001841074. Data publikacii 20.04.2015.
8. Anzhina V.A. i dr. Sposob formirovaniya pomekhoustojchivyh signalov / V.A. Anzhina A.V. Kuzovnikov, V.K. Kuhtin, A.E. Pashkov, V.G. Somov, G.YA. SHajdurov, N.V. Demakov // Patent Rossii № 2412551. Data publikacii 20.02.2011.
9. CHugaeva V.I. Ustrojstvo poiska shirokopolosnyh signalov po zaderzhke // Patent Rossii № 2166230. Data publikacii 27.04.2001.
10. Cukanov M.P., Ogandzhanyan YU.A. Sposob ocenki shirokopolosnyh signalov po chastote i ustrojstvo dlya ego realizacii // Patent Rossii № 2487481. Data publikacii 10.07.2013.
11. Snytkin T.I., Snytkin I.I., Spirin A.V. Sposob uskorenogo poiska shirokopolosnyh signalov i ustrojstvo dlya ego realizacii // Patent Rossii № 2514133. Data publikacii 27.04.2014.
12. Belov S.P. i dr. O vliyanii doplerovskogo sdviga chastoty na pomekhoustojchivost' sputnikovyh telekommunikacionnyh sistem so slozhnymi signalami / S.P. Belov, S.A. Rachinskij, Al.S. Belov, An.S. Belov, N.O. Efimov // Nauchnye vedomosti BelGU. – Ser. Istoriya Politologiya Ekonomika Informatika. – № 9 (258). – Vyp. 42. – S. 179-186.
13. Kuk CH., Bernfel'd M. Radiolokacionnye signaly. – M.: Sov. Radio, 1971. – 568 s.
14. Tuzov G.I. Statisticheskaya teoriya priema slozhnyh signalov. – M.: Sov. Radio, 1977. – 400 s.

УДК 621.391.8

А.Б. БАСУКИНСКИЙ, Ю.А. БЕЛЕВСКАЯ, А.П. ФИСУН

ВЫБОР СПОСОБА ОЦЕНКИ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СРЕДСТВ РАДИОКОНТРОЛЯ И МОНИТОРИНГА СЕТЕЙ СВЯЗИ, СРЕДСТВ МАССОВОЙ ИНФОРМАЦИИ И МАССОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ, ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ

В статье представлен обоснованный способ оценки технико-экономической эффективности выбора и разработки средств радиоконтроля, мониторинга систем связи, средств массовой информации и массовых коммуникаций, информационно-телекоммуникационных сетей, представляющих основу эффективного функционирования радиочастотной службы.

Ключевые слова: радиочастотная служба; радиоконтроль, мониторинг сетей связи; средств массовой информации и массовых коммуникаций; технико-экономическая эффективность средств радиоконтроля и мониторинга.

ВВЕДЕНИЕ

Известное расширение функций радиочастотной службы (РЧСЛ) [1], связанных с решением не только традиционных задач радиоконтроля (РК) для обеспечения надлежащего использования радиочастот (РЧ) или радиочастотных каналов (РЧК), радиоэлектронных средств (РЭС) и высокочастотных устройств (ВЧУ), т.е., в целом радиочастотного спектра (РЧС), но и задач мониторинга сетей связи, организованных, в том числе без использования РЧС, средств массовой информации (СМИ) и массовых коммуникаций (СМК), информационно-телекоммуникационных сетей и информационных технологий (ИКТ), обуславливает необходимость решения актуальной задачи комплексирования и выбора соответствующих средств радиоконтроля, измерения и мониторинга (СРКИМ) на основе объективной оценки их технико-экономической эффективности.

Постановка и решение задачи такой оценки комплексирования и выбора СРКИМ, как показывает анализ известных результатов исследований и практической деятельности РЧСЛ [2-15], фактически не осуществлялись. Подтверждением этому являются следующие известные результаты:

1. Развитие экономических методов управления использованием РЧС в рыночных условиях [2, 3] для решения задач взимания платы за использования РЧС в целях обеспечения финансирования функционирования системы РК, конверсии РЧС.
2. Повышение эффективности управления структурными подразделениями РЧСЛ на основе использования мониторингового подхода [4-6].
3. Повышение эффективности управления надлежащим использованием РЧС на основе развития экономических методов анализа и оценки экономической эффективности конверсии радиочастотного спектра [7, 8].
4. Совершенствование методик расчета платы за экспертизу электромагнитной совместимости РЭС [9].
5. Совершенствование методики расчета платы за использование РЧС [10].
6. Развитие методик оценки эффективности функционирования средств и комплексов радиоконтроля [11-13].

Актуальность постановки и решения задачи оценки технико-экономической эффективности комплекса СРКИМ в настоящее время обусловлена рядом объективных предпосылок и факторов:

- существованием достаточного теоретико-методологических основ, прикладных подходов и методов решения общесистемных и частных задач [11-15 и др.];

- наличием результатов опытов и решения прикладных задач создания и эксплуатации современных СРКИМ;
- широким применением многообразных и разнообразных СРКИМ по своему функциональному предназначению;
- сложившейся системой государственных органов, ориентированных на эффективное решение проблемы обеспечения не только надлежащего использования РЧС, но и всего комплекса многофункциональных задач РЧСЛ;
- широким применением научно-методологических и инструментальных автоматизированных СРКИМ (АСРКИМ), обеспечивающих целенаправленное решение прикладных задач РЧСЛ и являющихся источником для дальнейшего развития теоретико-методологического базиса автоматизации технологических процессов РЧСЛ;
- сложностью реализации оптимальных вариантов управления использованием РЧС, СРКИМ, требующих значительных финансовых затрат, учитывающих многообразие и разнообразие существующих организационных, технических мер, методов, средств и комплексов управления использованием РЧС и мониторинга СМИ, СМК, ИКТ;
- другими.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

С учетом приведенных факторов и известного подхода [15-17], предлагается следующая формулировка задачи оценки технико-экономической эффективности СРКИМ: выбор (реализация, создание, разработка) СРКИМ, как основного компонента управления использованием РЧС и мониторинга СМИ, СМК, ИКТ, которые либо обеспечивают требуемый (заданный) уровень эффективности \mathcal{E}_0 при минимальных затратах материальных, финансовых и иных ресурсов Ω_0 , либо при заданных затратах ресурсов Ω_3 обеспечивают максимально возможный уровень эффективности (1).

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_0 &\geq \mathcal{E}_0^3 & \Omega_0 &\leq \Omega_0^3 \\ \Omega_0 &\rightarrow \min; & \mathcal{E}_0 &\rightarrow \max \end{aligned} \quad (1)$$

Решение этих задач затруднено наличием эргатической составляющей любых СРКИМ, влияющей на эффективность использования ресурсов, затрачиваемых на решение задач РК и мониторинга, а также, в целом на функционирование СРКИМ, обусловленную влиянием уровня организации их функционирования и масштабами использования. Поэтому, учитывая известные подходы [3, 13, 19, 20], решение задачи выбора наилучшего варианта СРКИМ их составляющих компонентов РК и мониторинга может быть осуществлено по показателям технико-экономической эффективности (ТЭЭ), учитывающих не только эффективность применения СРКИМ и их компонентов (выигрыш) \mathcal{E}_0 , но и затраты ресурса Ω_0 на достижение искомого эффекта (2):

$$\mathcal{E}_0 = \varphi(\mathcal{E}_1, \mathcal{E}_2, \dots, \mathcal{E}_g, \mathcal{E}_G), g \in G, \quad (2)$$

где \mathcal{E}_g – показатели, учитывающие эффективность выполнения частных задач РК и мониторинга СМИ, СМК, ИКТ функциональными подсистемами СРКИМ, а также качество управления применением средств СРКИМ, обеспеченность исходными данными и другие показатели РК и Мониторинга. При этом значение достигнутого эффекта \mathcal{E}_0 будет определяться общей стоимостью затраченных материальных, финансовых и иных ресурсов на производство, поставку, эксплуатацию и утилизацию СРКИМ (3):

$$\Omega_0 = \phi(\Omega_1, \Omega_2, \dots, \Omega_n, \dots, \Omega_N), n \in N, \quad (3)$$

где Ω_n – затраты по отдельным видам используемых ресурсов.

Выражения (2) и (3) позволяют заключить, что любой вариант СРКИМ может быть представлен в виде вектора «эффективность-затраты» $K_k = (\mathcal{E}_0^{(k)}, \Omega_0^{(k)})$, $k \in K$ (где K – количество рассматриваемых вариантов СРКИМ). Исходя из этого, выбор наилучшего варианта решения сводится к поиску СРКИМ, обладающего тем или иным критерием (пригодности, предпочтения, оптимальности), значения вектора K_k . Определение предпочтительности значения этого вектора в первую очередь предполагает выбор соответствующего критерия целесообразности, на основании которого один вектор следует считать лучшим (или худшим) по сравнению с другим. При этом, к выбору такого критерия принятия решения по результатам ТЭА альтернативных вариантов СРКИМ могут быть известные подходы [3, 18].

При выборе одного показателя эффективности (или показателя затрат), при попарном сравнении альтернатив всегда выполняется одно из условий $\mathcal{E}_1 > \mathcal{E}_2$, $\mathcal{E}_1 = \mathcal{E}_2$, $\mathcal{E}_1 < \mathcal{E}_2$ (или $\Omega_1 > \Omega_2$, $\Omega_1 = \Omega_2$, $\Omega_1 < \Omega_2$), и критерий принятия решения очевиден. Если выбираются два показателя (эффективности и затрат), то решение не всегда однозначно. Так, если получены оценки векторов качества двух вариантов $K_1 = (\mathcal{E}_1, \Omega_1)$, $K_2 = (\mathcal{E}_2, \Omega_2)$, такие что $\mathcal{E}_1 < \mathcal{E}_2$, $\Omega_1 < \Omega_2$, то при таких оценках варианты K_1 и K_2 несопоставимы, т.к. увеличение эффективности второго варианта достигнуто за счет увеличения затрат, и при определенных числовых значениях показателей $\mathcal{E}_1, \mathcal{E}_2, \Omega_1, \Omega_2$ отношение «эффективность/стоимость» у первого варианта может быть выше, чем у второго: $\mathcal{E}_1/\Omega_1 > \mathcal{E}_2/\Omega_2$. Тогда для правильного выбора варианты СРКИМ должны быть приведены в сопоставимый вид и должно быть определено содержание наилучшего варианта.

При задании известных граничных значений для показателей $\mathcal{E}_{доп}$ и $\Omega_{доп}$, для множества допустимых вариантов создания (разработки, выбора) СРКИМ, оцениваемая эффективность любого из принимаемых к рассмотрению вариантов СРКИМ не может быть ниже допустимой $\mathcal{E}^{(k)} \geq \mathcal{E}_{доп}$, а затраты не могут быть выше допустимых $\Omega^{(k)} \leq \Omega_{доп}$.

В этом случае, принимается критерий приемлемости вариантов, множество которых считается множеством допустимых вариантов $\{M_{доп}\}$. Все строго допустимые варианты являются приемлемыми, но на их множестве необходимо выбирать в определенном смысле лучший вариант на основе выбора соответствующего критерия предпочтения.

Если значения показателей ТЭА сравниваемых вариантов $\mathcal{E}^{(m)} \geq \mathcal{E}_{доп}$ и $\Omega^{(m)} \leq \Omega_{доп}$, (где $m \in M_{доп}, M_{доп} \in K$) могут быть приведены в сопоставимый вид принятием одного из условий, например, $\mathcal{E}^{(m)} = const$ или $\Omega^{(m)} = const$, то варианты СРКИМ могут сравниваться по одному из показателей. При таком сопоставлении используется известный принцип тождественности [2, 18, 19], приведение вариантов решений в сопоставимый вид по показателю эффективности осуществляется по принципу «тождества эффектов», а по показателю затрат – по принципу «тождества затрат». Отсюда, наилучшим вариантом является вариант при применении:

- принципа «тождества эффектов» (4):

$$\min_m \Omega^{(m)}, m \in M_{доп}, M_{доп} \in K, \quad (4)$$

- принципа «тождества затрат» (5):

$$\max_m \mathcal{E}^{(m)}, m \in M_{доп}, M_{доп} \in K. \quad (5)$$

Использование принципов тождественности позволяет векторную задачу синтеза свести к задаче скалярного синтеза, при известных безусловных критериях предпочтения Парето [3, 18] (4) или (5).

При решении практических задач РК и мониторинга принцип «тождества эффектов» целесообразно применять при поиске наилучшего варианта разработки (выбора) СРКИМ, их составляющих компонентов, при условии наличия заданных требований к показателю

эффективности $\mathcal{E}_0 = const$, а принцип «тождества затрат» – при обосновании вариантов СРКИМ, когда известна структура СРКИМ (S_0) и его тактико-технические характеристики $X_0(S_0)$, т.е. $\Omega_0 = const$ при $X_0(S_0) = const, S_0 = const$.

Важным составляющим этапом принятия решений по разработке (выбору) СРКИМ является приведение сравниваемых вариантов в сопоставимый вид, для обеспечения возможности применения критериев выбора (4) и (5). Алгоритм такого приведения сравниваемых вариантов СРКИМ включает этапы:

- создание условий применимости критерия «тождественности эффектов» сравниваемых вариантов путем выравнивания расчетной эффективности вариантов за счет условного изменения их составов;
- создание условий применимости критерия «тождественности затрат» на реализацию сравниваемых вариантов путем выравнивания их расчетной стоимости за счет условного изменения их составов.

В силу значительного многообразия и разнообразия возможных вариантов СРКИМ, составляющих множество $\{M_{дон}\}$ возникают трудности их приведения в сопоставимый вид, при определении их эквивалентности, безусловного превосходства друг перед другом по качественным показателям. Рассматриваемые варианты фактически несравнимы по безусловному критерию предпочтительности. Поэтому, для выбора наилучшего варианта можно ввести дополнительный условный критерий предпочтения, определяемый заданными, конкретными условиями сравнения и дополнительными условиями целесообразности. Так, для сравнения СРКИМ или их компонентов варианта m и варианта $(m + 1)$ можно использовать условный критерий вида (6), а для произвольного числа сравнений – условный критерий (7):

$$K_{ТЭЭ}^* = \mathcal{E}_m / \Omega_m > \mathcal{E}_{m+1} / \Omega_{m+1}, m \in M_{дон}, (m+1) \in M_{дон}. \quad (6)$$

$$K_{ТЭЭ}^{(онм)} = \max_m K_{ТЭЭ}^*(\mathcal{E}_m, \Omega_m), m \in M_{дон}. \quad (7)$$

Используя критерий (7), выбирается вариант с большим отношением эффективность/стоимость, т.е. с большим коэффициентом технико-экономической эффективности (КТЭЭ). Применение КТЭЭ по критерию (7), так же, как и критериям (4), (5) сводит к скаляризации задачи синтеза. Следовательно, условный критерий предпочтения основан на введении некоторого результирующего показателя качества, являющегося известной результирующей целевой функцией первичных показателей, как, например, показателей \mathcal{E} и Ω . Учитывая, что критерий (7) является субъективным, то для повышения объективности его обоснования и значимости можно рекомендовать методы экспертного оценивания соответствующими специалистами и учеными.

В случае отсутствия оценок эффективности и стоимости, может использоваться безусловный критерий сравнения вариантов СРКИМ, при котором для сравниваемых альтернатив построения СРКИМ S_1 и S_2 должны быть выбраны такие показатели качества, как тактико-технические характеристики СРКИМ $X_y(S_1)$ и $X_y(S_2)$, $r \in R$ (где R – перечень номенклатуры тактико-технических характеристик). Тогда, предпочтительный состав СРКИМ S_2 относительно СРКИМ состава S_1 , определяется из условия $X_y(S_1) < X_y(S_2)$.

Использование условного критерия сравнения вместо безусловного позволяет существенно упростить процедуру выбора вариантов решений. Но, такое преимущество требует дополнительных условностей и применения субъективного оценивания. Если применение обоих критериев позволяет получить результат сравнения СРКИМ одинаково определенным, то можно заключить, что выбор осуществлен по единственному

оптимальному решению, а применение комбинации двух критериев приводит к появлению критерия оптимальности.

Если выбор варианта СРКИМ, оптимального в смысле достаточно обоснованного условного критерия предпочтения затруднен по причинам возникновения вычислительных трудностей, отсутствия обоснованных исходных данных, то возможно применение любого строгого допустимого решения: на первоначальном этапе осуществляется выбор множества не худших вариантов по безусловному критерию, и в последующем – выбор варианта с применением условного критерия.

Выбор способов расчета составляющих эффективности в оценках ТЭЭ может осуществляться по ряду показателей и параметров:

- параметры радиоизлучений РЭС и ВЧУ, представляющие объекты радиоконтроля;
- параметры и показатели СМИ, СМК, ИКТ, представляющие объекты мониторинга;
- показатели функционального назначения конкретных образцов СРКИМ;
- параметры и показатели физических процессов, определяющих условия функционирования СРКИМ (в том числе условия распространения радиоволн, априорные сведения размещения РЭС, СМИ, СМК, ИКТ относительно СРКИМ и другие);
- параметры и показатели структуры СРКИМ;
- другие частные показатели.

При этом, в частности, могут быть использованы известные методы, применяемые для оценок технической эффективности:

- радиоприемных устройств, спектроанализаторов и радиопеленгаторов из состава СРКИМ [21, 22];
- подсистем обнаружения, местоопределения РЭС, ВЧУ, СМИ, СМК, ИКТ технического и информационного анализа радиоизлучений РЭС, СМИ, СМК, ИКТ [20-23];
- функционирования СРКИМ и их комплектов [11, 12, 13, 23].

Необходимо отметить, что в отличие от оценок технической эффективности СРКИМ способ определения стоимостной составляющей оценки ТЭЭ универсален и состоит в следующем. Стоимость каждого варианта СРКИМ Ω_j выражается как сумма затрат на разработку $\Omega_h^{разр}$ и серийное производство $\Omega_h^{сер}$ каждой h -й типовой функциональной составляющей части (элемента, компонента, оборудования) СРКИМ, его эксплуатацию $\Omega_h^{эксн}$ и утилизацию $\Omega_h^{разр}$ и определяется выражением (8):

$$\Omega_j = \sum_{h \in H_j} (\Omega_{h,j}^{разр} + \Omega_{h,j}^{сер}) + \Omega_j^{эксн} + \Omega_j^{разр}, \quad (8)$$

где H_j – общее количество функционально выделенных типов частей (компонентов, элементов, оборудования), входящих в состав j -го СРКИМ.

Частные стоимостные в выражении (8) определяются согласно выражениям (9), (10), (11):

$$\Omega_{h,j}^{разр} = \frac{(\mathcal{Q}_{h,j} \sum_{g \in G_h} \Omega_{h,g}^{НИОКР})}{M_{h,j}}, \quad (9)$$

$$\Omega_{h,j}^{сер} = \mathcal{Q}_{h,j} \Omega_{h,j}^{1сер}, \quad (10)$$

$$\Omega_j^{эксн} = T^{эксн} \Omega_{1,j}^{эксн} + \sum_{v \in V_j} \Omega_{v,j}^{рем}, \quad (11)$$

где $\mathcal{Q}_{h,j}$ – количество однотипных составляющих в составе j -го СРКИМ; $M_{h,j}$ – объем серийного производства оборудования h -го типа из состава j -го СРКИМ; $G_{h,j}$ – количество

НИОКР, выполняемых при создании оборудования h -го типа для j -го СРКИМ; $\Omega_{h,g,j}^{НИОКР}$ – стоимость g -й НИОКР, выполненной при создании оборудования h -го типа для j -го СРКИМ; $\Omega_{h,j}^{1сер}$ – стоимость серийного производства одного образца оборудования h -го типа для j -го СРКИМ; $\Omega_{1,j}^{эксп}$ – стоимость годовой эксплуатации СРКИМ j -го СРКИМ; $T^{эксп}$ – расчетный период эксплуатации СРКИМ j -го СРКИМ; $\Omega_{v,j}^{рем}$ – стоимость v -го вида планового ремонта j -го СРКИМ; V_j – нормативное количество типов плановых ремонтов для j -го СРКИМ за расчетный период его эксплуатации.

Определение частных оставляющих полной стоимости $\Omega_{h,j}^{разр}, \Omega_{h,j}^{сер}$ осуществляется только в случае, если разработка СРКИМ включает этап проведения НИОКР и последующего производства СРКИМ или его составных частей. Затраты на поставки серийно производимых СРКИМ определяется только стоимостью поставки.

Алгоритм реализации изложенного способа оценки технико-экономической эффективности СРКИМ можно представить обобщенной схемой, рисунок.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенные в статье способы оценки технико-экономической эффективности СРКИМ, практические рекомендации по выбору способов (вариантов) решений, выявленные особенности проведения расчетов и последовательность их осуществления позволят более обоснованно осуществлять выбор (создание) перспективных СРКИМ, обеспечивающих оптимальное решение возложенных на них комплекса функций в современных условиях.



Рисунок 1 – Обобщенная схема последовательности оценки технико-экономической эффективности СРКИМ

Кроме того, полученные результаты могут стать основой для разработки единой концепции создания СРКИМ, обеспечивающих эффективное управление использованием РЧС и мониторингом СМИ, СМК, ИКТ, что позволит:

- объективно исследовать содержание искомых процессов, обосновывать перспективные оптимальные и рациональные пути его практического осуществления;
- системно учитывать совокупность целей, масштабов, принципов, временных и других показателей и факторов, определяющих эффективность системы управления использованием РЧС, мониторинга СМИ, СМК, ИКТ;
- разработать не только частные решения для конкретных условий и объектов радиоконтроля и мониторинга, а относительно полную и достаточно общую концепцию, в рамках которой любая актуальная задача искомой сферы решалась бы как частный случай.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Постановление Правительства Российской Федерации от 14 мая 2014 года, № 434 «Об утверждении Положения о радиочастотной службе»: база данных «КонсультантПлюс».
2. Управление радиочастотным спектром и электромагнитная совместимость радиосистем / Под ред. д.т.н., проф. М.А. Быховского. – М.: Эко-Трендз, 2006. – 376 с.
3. Волкова В.Н., Воронков В.А. и др. Теория систем и методы системного анализа в управлении и связи. – М.: Радио и связь, 1983. – 246 с.
4. Кузовкова Т.А., Рыбкин М.Ю. Задачи и принципы мониторинга эффективности деятельности структурных подразделений радиопредприятий. – TComm–Телекоммуникации и транспорт, 2010. – № 12.
5. Кузовкова Т.А., Рыбкин М.Ю. Мониторинговый подход. – Радиочастотный спектр, 2011. – № 6(12).
6. Кузовкова Т.А., Рыбкин М.Ю. Апробация мониторингового подхода. – Радиочастотный спектр, 2012. – № 4(22).
7. Тихвинский В.О. Оценка экономической эффективности конверсии радиочастотного спектра / 12-я Международная конференция «Нормативно-правовое регулирование использования радиочастотного спектра» (Спектр-2012); п. Ольгинка, Краснодарский край, 2012.
8. Тихвинский В.О., Коваль В. Применение методов оценки экономической эффективности при конверсии. – Радиочастотный спектр, 2012. – № 10(28).
9. Шаманский Г., Щербаков И. Плата за экспертизу ЭМС. – Радиочастотный спектр, 2012. – № 5(23).
10. Ковтун Н. Уточнение коэффициентов. – Радиочастотный спектр, 2012. – № 6(26).
11. Калужный Н.М. Методология оценивания эффективности функционирования национальных систем радиочастотного мониторинга. – Харьковский национальный университет радиоэлектроники, 2011.
12. Басукинский А.Б. Оценка эффективности средств и комплексов радиоконтроля. – Радиочастотный спектр, 2012. – № 6(24).
13. Фисун А.П., Басукинский А.Б. Алгоритм определения оптимального радиоконтрольного комплекса. – Ежемесячный специализированный журнал по вопросам связи и информационных технологий «Радиочастотный спектр», 2013. – № 9(39). – М.: АНО «Информационно-аналитический центр стратегии использования радиочастотного спектра». – С. 22-26.
14. Справочник по радиоконтролю МСЭ «Управление использованием спектра на национальном уровне». – МСЭ. – Бюро радиосвязи, 2002. – 585 с.
15. Справочник по радиоконтролю МСЭ «Экономические подходы к управлению использованием спектра на национальном уровне». – МСЭ. – Бюро радиосвязи, 2002. – 585 с.
16. Герасименко В.А. Защита информации в автоматизированных системах обработки данных. – В 2-х книгах. – Книги 1, 2. – М.: Энергоиздат, 1994. – 576 с.
17. Фисун А.П., Минаев В.А., Саблин В.Н. Теоретические основы информатики и информационная безопасность: монография / Под ред. д.т.н., профессоров В.А. Минаева, В.Н. Саблина. – М.: Радио и связь, 2000. – 468 с.
18. Фисун А.П., Минаев В.А., Белевская Ю.А. Актуальные теоретические и технологические аспекты информатики: монография в 3-х томах. – Том 1. Методологические основы информатики / Под ред. д.т.н. А.П. Фисун, В.А. Минаева. – Орел.: Изд-во ОГУ, ОрелГТУ, 2011. – 234 с.
19. Острейковский В.А. Теория систем. – М.: Высшая школа, 1997. – 237 с.
20. Владимиров В.И. Системы и комплексы радиоэлектронной борьбы. – Часть 1. Системотехнические основы построения и проектирования. – Военный институт радиоэлектроники. – Воронеж, 1999.
21. Раушефер К., Йанссен Ф., Минихольд Р. Основы спектрального анализа; пер. с английского С.М. Смоленского. – Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG Muhlendorfstrasse, 15, 81671. – Munchen Germany, 2002, 2005.

22. Рембовский А.М., Ашихмин А.В., Козьмин В.А. Радиомониторинг: задачи, методы, средства / Под. ред. А.М. Рембовского. – 3-е изд., перераб. и доп. – М: Горячая линия – Телеком. – 640 с.
23. Владимиров В.И., Лихачев В.П., Шляхин В.М. Антагонистический конфликт радиоэлектронных систем. Методы и математические модели / Под. ред. В.М. Шляхина. – М.: Радиотехника, 2004. – 384 с.

Басукинский Александр Борисович

Управление по Воронежской области филиала ФГУП «ГРЧЦ ЦФО» в Центральном федеральном округе, г. Воронеж
Кандидат технических наук, старший научный сотрудник
Тел.: 8 960 100 80 10

Белевская Юлия Александровна

Среднерусский институт РАНХиГС, г. Орел
Кандидат юридических наук, доцент, магистр «Конструирование и технология электронных средств»
Тел.: 8 (4862) 42-15-56
E-mail: furiya_ua@mail.ru

Фисун Александр Павлович

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева, г. Орел
Доктор технических наук, профессор
Тел.: 8 (4862) 45-57-58, 8 910 307 00 81
E-mail: fisun11@yandex.ru

A.V. BAKUSINSKIJ (*Candidate of Engineering Sciences, Senior Researcher*)
*The Office for Voronezh Region Branch Of FSUE «Enterprise of the Central Federal District»
in the Central Federal District, Voronezh*

Yu.A. BELEVSKAYA (*Candidate of Juridical Sciences, Associate Professor,
Master Student of the Department «Design and Technology of Electronic Means»*)
Central Russian Institute of Management, Branch of RANEPА, Orel

A.P. FISUN (*Doctor of Engineering Sciences, Professor*)
Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel

**THE CHOICE OF A METHOD FOR ASSESSING THE TECHNICAL
AND ECONOMIC EFFICIENCY OF RADIO MONITORING AND MONITORING
OF COMMUNICATION NETWORKS, MEDIA AND MASS COMMUNICATIONS, INFORMATION
AND TELECOMMUNICATION NETWORKS**

The article presents a reasonable way to assess the technical and economic efficiency of the choice and development of radio monitoring, monitoring of communication systems, media and mass communications, information and telecommunication networks, which represent the basis for the effective functioning of the radio frequency service.

Keywords: *radio frequency service; radio monitoring; monitoring of communication networks; media and mass communications; technical and economic efficiency of radio monitoring and monitoring.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Postanovlenie Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 14 maya 2014 goda, № 434 «Ob utverzhdenii Polozheniya o radiochastotnoj sluzhbe»: baza dannyh «Konsul'tantPlyus».
2. Upravlenie radiochastotnym spektrom i elektromagnitnaya sovместimost' radiosistem / Pod red. d.t.n., prof. M.A. Byhovskogo. – М.: Eko-Trendz, 2006. – 376 s.
3. Volkova V.N., Voronkov V.A. i dr. Teoriya sistem i metody sistemnogo analiza v upravlenii i svyazi. – М.: Radio i svyaz', 1983. – 246 s.
4. Kuzovkova T.A., Rybkin M.Yu. Zadachi i principy monitoringa effektivnosti deyatelnosti strukturnyh podrazdelenij radiopredpriyatij. – TComm–Telekommunikacii i transport, 2010. – № 12.
5. Kuzovkova T.A., Rybkin M.Yu. Monitoringovyj podhod. – Radiochastotnyj spektr, 2011. – № 6(12).
6. Kuzovkova T.A., Rybkin M.Yu. Aprobaciya monitoringovogo podhoda. – Radiochastotnyj spektr, 2012. – № 4(22).

7. Tihvinskij V.O. Ocenka ekonomicheskoy effektivnosti konversii radiochastotnogo spektra / 12-ya Mezhdunarodnaya konferenciya «Normativno-pravovoe regulirovanie ispol'zovaniya radiochastotnogo spektra» (Spektr-2012); p. Ol'ginka, Krasnodarskij kraj, 2012.
8. Tihvinskij V.O., Koval' V. Primenenie metodov ocenki ekonomicheskoy effektivnosti pri konversii. – Radiochastotnyj spektr, 2012. – № 10(28).
9. SHamanskij G., SHCHerbakov I. Plata za ekspertizu EMS. – Radiochastotnyj spektr, 2012. – № 5(23).
10. Kovtun N. Utochnenie koefitsientov. – Radiochastotnyj spektr, 2012. – № 6(26).
11. Kalyuzhnyj N.M. Metodologiya ocenivaniya effektivnosti funkcionirovaniya nacional'nyh sistem radiochastotnogo monitoringa. – Har'kovskij nacional'nyj universitet radioelektroniki, 2011.
12. Basukinskij A.B. Ocenka effektivnosti sredstv i kompleksov radiokontrolya. – Radiochastotnyj spektr, 2012. – № 6(24).
13. Fisun A.P., Basukinskij A.B. Algoritm opredeleniya optimal'nogo radiokontrol'nogo kompleksa. – Ezhemesyachnyj specializirovannyj zhurnal po voprosam svyazi i informacionnyh tekhnologij «Radiochastotnyj spektr», 2013. – № 9(39). – M.: ANO «Informacionno-analiticheskij centr strategii ispol'zovaniya radiochastotnogo spektra». – S. 22-26.
14. Spravochnik po radiokontrolyu MSE «Upravlenie ispol'zovaniem spektra na nacional'nom urovne». – MSE. – Byuro radiosvyazi, 2002. – 585 s.
15. Spravochnik po radiokontrolyu MSE «Ekonomicheskie podhody k upravleniyu ispol'zovaniem spektra na nacional'nom urovne». – MSE. – Byuro radiosvyazi, 2002. – 585 s.
16. Gerasimenko V.A. Zashchita informacii v avtomatizirovannyh sistemah obrabotki dannyh. – V 2-h knigah. – Knigi 1, 2. – M.: Energoizdat, 1994. – 576 s.
17. Fisun A.P., Minaev V.A., Sablin V.N. Teoreticheskie osnovy informatiki i informacionnaya bezopasnost': m onografiya / Pod red. d.t.n., professorov V.A. Minaeva, V.N. Sablina. – M.: Radio i svyaz', 2000. – 468 s.
18. Fisun A.P., Minaev V.A., Belevskaya YU.A. Aktual'nye teoreticheskie i tekhnologicheskie aspekty informatiki: monografiya v 3-h tomah. – Tom 1. Metodologicheskie osnovy informatiki / Pod red. d.t.n. A.P. Fisuna, V.A. Minaeva. – Orel.: Izd-vo OGU, OryolGTU, 2011. – 234 s.
19. Ostrejkovskij V.A. Teoriya sistem. – M.: Vysshaya shkola, 1997. – 237 s.
20. Vladimirov V.I. Sistemy i komplekсы radioelektronnoj bor'by. – CHast' 1. Sistemotekhnicheskie osnovy postroeniya i proektirovaniya. – Voennyj institut radioelektroniki. – Voronezh, 1999.
21. Raushefer K., Janssen F., Minihol'd R. Osnovy spektral'nogo analiza; per. s anglijskogo S.M. Smolenskogo. – Rohde & Schwa rz GmbH & Co. KG Muhldorfstrasse, 15, 81671. – Munchen Germany, 2002, 2005.
22. Rembovskij A.M., Ashihmin A.V., Koz'min V.A. Radiomonitoring: zadachi, metody, sredstva / Pod. red. A.M. Rembovskogo. – 3-e izd., pererab. i dop. – M.: Goryachaya liniya – Telekom. – 640 s.
23. Vladimirov V.I., Lihachev V.P., SHlyahin V.M. Antagonisticheskij konflikt radioelektronnyh sistem. Metody i matematicheskie modeli / Pod. red. V.M. SHlyahina. – M.: Radiotekhnika, 2004. – 384 s.

УДК 621.39

А.А. БЕЛОВ, Ю.А. КРОПОТОВ, А.Ю. ПРОСКУРЯКОВ, Н.Е. ХОЛКИНА

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИГНАЛОВ В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЯХ АУДИООБМЕНА В УСЛОВИЯХ АКУСТИЧЕСКИХ ПОМЕХ

В работе рассматриваются модели и методы оценивания сигналов при передаче информационных сообщений в телекоммуникационных системах аудиообмена. Представлены одномерные функции распределения вероятностей, которые могут быть применимы для выделения полезных сигналов и акустических шумовых помех. Предложен подход к оцениванию корреляционных и спектральных функций параметров акустических сигналов, основанный на параметрическом представлении акустических сигналов и компонент шумовых составляющих. В работе предложен подход к повышению эффективности подавления помех и выделения необходимой информации при обработке сигналов систем телекоммуникаций. При этом подавление акустических помех основывается на методах адаптивной фильтрации и адаптивной компенсации. В работе также описаны модели эхо-сигналов и структуры абонентских устройств в оперативно-командных телекоммуникационных системах связи.

Ключевые слова: методы оценивания сигналов; речевые сообщения; телекоммуникационные системы; одномерные функции распределения; случайные процессы; эхо сигналы.

ВВЕДЕНИЕ

Задачи обработки сигналов в системах аудиообмена обуславливаются потребностями выделения информации, подавления помех, повышения устойчивости систем связи и компенсации эха. К указанным задачам относятся задачи диагностики объектов по излучаемым шумовым сигналам, задачи повышения эффективности систем связи.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В связи с обработкой сигналов можно поставить задачи оценивания и аппроксимации одномерных функций распределения и корреляционных функций по ограниченным наборам данных и, на этой основе, формирования базы априорной информации и выделения интервалов стационарности наблюдаемых сигналов; сглаживания и локальной аппроксимации наблюдаемых сигналов и, на этой основе, сегментации нестационарных сигналов; обнаружения и оценивания гармонических сигналов, сигналов с дискретным спектром на фоне акустического шума с непрерывным распределением и, на этой основе, диагностики объектов; спектрального анализа наблюдаемых сигналов и, на этой основе, разрешения источников излучения и селекции речевого сигнала и помехи; формирования модели эхо-сигналов и оценивания ее параметров; идентификации нестационарных сигналов и создания нестационарных моделей под наблюдаемые данные; адаптивной компенсации акустических помех и эхо-сигналов с применением многоканальной и многоскоростной обработки.

ТЕОРИЯ

Одномерные функции распределения являются важной статистической характеристикой аналоговых акустических сигналов, которые могут использоваться для синтеза алгоритмов обработки и структур различения речи и шума. Поэтому создание модели функций распределения речи, может быть сформулирована как задача аппроксимации на основе методов оптимизации с ограничениями [1, 12]. А именно, как задача минимизации квадрата нормы:

$$\|f(\theta) - \hat{f}\|^2 \rightarrow \min, \quad (1)$$

где \hat{f} – вектор значений гистограммы, характеризующей распределение выборок x наблюдаемого сигнала.

Соответственно, компонентами вектора $f(\theta)$ являются вероятности, с которыми значения наблюдаемого сигнала попадают в интервалы гистограммы $[a_{k-1}, a_k]$, $k = 1, \dots, n$. Значения компонент $f(\theta)$ в k -м интервале определяется в виде:

$$f_k(\theta) = \int_{a_{k-1}}^{a_k} P(x, \theta) dx,$$

где $P(x, \theta)$ является аппроксимацией искомой функции плотности вероятности, которая должна подчиняться условиям:

$$P(x, \theta) \geq 0, \int_{a_0}^{a_n} P(x, \theta) dx = 1, \quad (2)$$

где θ – является вектором параметров, по которым осуществляется минимизация. В целях регуляризации, на вектор параметров θ могут быть наложены дополнительные ограничения.

Статистические характеристики вектора параметров, представляющего решение задачи (1), существенно зависят от объема используемых выборок. Установление этой зависимости является необходимым основанием достоверности полученных результатов аппроксимации.

Широкое распространение получил подход к оцениванию статистических характеристик процессов, основанный на параметрическом представлении случайных процессов. Этот подход используется при анализе временных рядов и предполагает наличие некоторой дискретной модели, описываемой соответствующим разностным уравнением [3].

В задачах оптимальной фильтрации процессы часто моделируются с помощью динамических систем, возбуждаемых случайными сигналами с известными характеристиками [4]. В случае акустических сигналов такой подход также вполне обоснован, особенно если учесть вполне детерминированный механизм их формирования. В этом случае входные воздействия можно отнести к регулярным сигналам с неизвестными, возможно изменяющимися параметрами, нежели к случайным процессам. Например, акустический шум вращающейся машины может быть обусловлен в основном гармониками частоты ее вращения.

Акустические и механические резонансы природных и искусственных объектов под воздействием ветра обуславливают звуки на соответствующих резонансных частотах, интенсивность которых зависит от скорости и направления ветра. Характеристики ветра, имеющего на небольших интервалах вполне регулярный характер, в целом, подвержены, конечно, значительным, возможно скачкообразным изменениям. Все это в плане борьбы с шумами и выделения полезных сигналов приводит к задаче идентификации параметров, как самой модели, так и входных воздействий [13, 14, 20-22].

В широком смысле подавление помех может основываться как на методах адаптивной фильтрации, так и на методах компенсации [6]. В первом случае помеха устраняется с помощью соответствующим образом спроектированных заграждающих фильтров, а во втором – посредством вычитания ее оценки из наблюдаемого сигнала. Однако, в последующем, в целях упрощения, подавление будет чаще рассматриваться в узком смысле – как фильтрация помехи.

В качестве моделей сигналов используются дискретные системы, описываемые разностными уравнениями, либо вида авторегрессии – скользящего среднего:

$$x_k = a_1 x_{k-1} + a_2 x_{k-2} + \dots + a_p x_{k-p} + u_k - b_1 u_{k-1} - b_2 u_{k-2} - \dots - b_q u_{k-q} \quad (3)$$

либо вида системы в переменных состояния:

$$y(k+1) = Ay(k) + Bu(k), \quad x(k) = Cy(k) + Du(k), \quad (4)$$

где $y \in R^n$ – вектор состояния, $u \in R^m$ – вектор входных воздействий и $x \in R^h$ – вектор выходов. Соответственно матрицы A , B , C и D имеют размеры: $n \times n$, $n \times m$, $h \times n$ и $h \times m$. При этом оценивание спектров сводится к оцениванию параметров модели (2) или (3).

Уравнение (3) является, как это следует из его названия, комбинацией двух моделей: модели авторегрессии, если все коэффициенты $b_k = 0$ и модели скользящего среднего, если $a_k = 0$.

Для системы (4) изображения вектора переменных состояния и вектора выхода модели записываются в виде:

$$Y(z) = (zI - A)^{-1} BU(z), \quad X(z) = (C(zI - A)^{-1} B + D)U(z).$$

Соответственно, спектры выходов описываются выражением:

$$X(\omega) = \left| C \left(e^{j\omega} I - A \right)^{-1} B + D \right| \cdot \left| U(e^{j\omega}) \right|. \quad (5)$$

Обычно модель, описываемая выражениями (4)-(5), зависит только от состояния системы, при этом $x(k) = Cy(k)$, а матрица $D = 0$.

Задача идентификации модели (4) может заключаться не только в оценивании матриц A , B и C , но и в оценивании состояния системы. При этом иногда используется прием, основанный на замене модели в переменных состояния эквивалентной моделью авторегрессии [7].

Задача идентификации во многих случаях – это задача минимизации некоторого функционала потерь, характеризующего отклонение результата аппроксимации $\hat{x}(k)$ от наблюдаемых данных $\bar{x}(k)$, $k = 1, \dots, N$:

$$\rho(\hat{\mathbf{x}}, \bar{\mathbf{x}}) \rightarrow \min.$$

Здесь $\hat{\mathbf{x}} = (\hat{x}(1) \quad \hat{x}(2) \quad \dots \quad \hat{x}(N))^T$ и $\bar{\mathbf{x}} = (\bar{x}(1) \quad \bar{x}(2) \quad \dots \quad \bar{x}(N))^T$ – векторы соответственно результатов аппроксимации и наблюдаемых данных. Уравнение (2) или (3) выступает при этом в качестве ограничения задачи. Возможны и другие ограничения, обусловленные, например, условиями устойчивости модели.

Указанный функционал потерь при решении некорректных задач дополняется регуляризирующим функционалом $\Omega(\hat{x}(t))$, который областью своего определения может иметь множество функций как дискретного, так и непрерывного времени. При этом задача идентификации принимает вид:

$$\rho(\hat{\mathbf{x}}, \bar{\mathbf{x}}) + \alpha \Omega(\hat{x}(t)) \rightarrow \min.$$

Во многих случаях в качестве функционала потерь используется норма, характеризующая расстояние между наблюдаемыми данными и значениями функции, полученной в результате идентификации:

$$\rho(\hat{\mathbf{x}}, \bar{\mathbf{x}}) = \frac{1}{2} \|\hat{\mathbf{x}} - \bar{\mathbf{x}}\|^2.$$

В случае гильбертова пространства норма представляется скалярным произведением, а функционал потерь $\rho(\hat{\mathbf{x}}, \bar{\mathbf{x}}) = \frac{1}{2} \langle \hat{\mathbf{x}} - \bar{\mathbf{x}}, \hat{\mathbf{x}} - \bar{\mathbf{x}} \rangle$ является квадратичной функцией оценки сигнала по наблюдаемым данным.

Если ограничения также имеют вид квадратичных или линейных функций, то имеет место задача квадратичного программирования.

Вектор $\hat{\mathbf{x}}$ может быть образован выборками функции $\hat{x}(t)$ непрерывного времени, представленной в виде линейной или нелинейной регрессии. А именно, в виде функции

$\hat{x}(t) = g(t, \mathbf{a})$, зависящей от вектора \mathbf{a} параметров оптимизации. В случае линейной регрессии эта функция принимает вид $\hat{x}(t) = \boldsymbol{\varphi}^T(t) \mathbf{a}$, где $\boldsymbol{\varphi}(t) = (\varphi_1(t) \ \varphi_2(t) \ \dots \ \varphi_n(t))^T$ представляет собой вектор по системе линейно независимых функций $\varphi_k(t)$, $k = 1, \dots, n$.

Вектор $\hat{\mathbf{x}}$ можно при этом записать в виде:

$$\hat{\mathbf{x}} = \Phi \mathbf{a},$$

где строками матрицы Φ являются значения транспонированных векторных функций $\boldsymbol{\varphi}(k)$ в точках наблюдения:

$$\Phi = \begin{pmatrix} \boldsymbol{\varphi}^T(1) \\ \boldsymbol{\varphi}^T(2) \\ \vdots \\ \boldsymbol{\varphi}^T(N) \end{pmatrix}.$$

В случае нелинейной регрессии вектор:

$$\hat{\mathbf{x}} = \begin{pmatrix} g(1, \mathbf{a}) \\ g(2, \mathbf{a}) \\ \vdots \\ g(N, \mathbf{a}) \end{pmatrix} \equiv \mathbf{g}(\mathbf{a}).$$

Тогда задачу минимизации функции потерь в случае нелинейной регрессии можно записать в виде:

$$\frac{1}{2} \|\mathbf{g}(\mathbf{a}) - \bar{\mathbf{x}}\|^2 \rightarrow \min, \quad (6)$$

а в случае линейной регрессии в виде:

$$\frac{1}{2} \|\Phi \mathbf{a} - \bar{\mathbf{x}}\|^2 \rightarrow \min. \quad (7)$$

Как известно [7, 8], математическое ожидание функции (6) или (7) достигает своего наименьшего значения, если вектор $\mathbf{g}(\mathbf{a})$ или $\Phi \mathbf{a}$ совпадает с условным математическим ожиданием вектора \mathbf{x} , $E\{\mathbf{x}|\bar{\mathbf{x}}\}$, рассматриваемым как функция наблюдаемых данных $\bar{\mathbf{x}}$. При этом величина потерь совпадает с условной дисперсией, если только отбросить коэффициент 1/2.

Полученный в результате минимизации функции потерь вектор коэффициентов регрессии $\hat{\mathbf{a}}$ определяет оптимальное решение $\hat{x}^*(t) = \boldsymbol{\varphi}^T(t) \hat{\mathbf{a}}$ как функцию непрерывного времени. Это позволяет при необходимости наложить на ее поведение между выборками данных дополнительные ограничения, с помощью, например, регуляризирующего функционала.

Существуют и другие способы оценки параметров модели, например, способ, основанный на согласовании корреляционных функций. В частности, такого рода методы используются при сжатии речи и вычислении спектров. Используются методы, основанные на собственных значениях и сингулярных разложениях ковариационных матриц, имеющих тёплицеву структуру [9, 10, 11].

Достижимая точность приближения наблюдаемых данных функцией регрессии зависит в значительной степени от размеров области ее определения. С увеличением размеров области, в пределах которой наблюдаемые данные не стремятся к нулю, точность снижается. Устранить этот недостаток можно, воспользовавшись методом локальной аппроксимации [12, 13]. Приближение наблюдаемых данных в этом случае обеспечивается последовательностью функций регрессии, каждая из которых задана на своем конечном интервале. Одновременно, это позволяет аппроксимировать нестационарные сигналы и системы.

Вопрос сопряжения отдельных функций регрессии можно решить, если дополнить ограничения, представленные в задаче минимизации, условиями согласования значений этих функций и, возможно, значений их производных в узлах сопряжения.

Поставим задачу определения параметров в наблюдаемом сигнале $x(t)$, являющимся аддитивной суммой оцениваемого сигнала $s(t)$ и акустической помехи $\eta(t)$, которая также считается комплексной функцией. В дискретной форме этот сигнал имеет вид:

$$x(k) = s(k) + \eta(k) = \sum_{n=1}^p a_n e^{j\left(n\frac{\omega_1}{f_0}k + \phi_n\right)} + \eta(k), \quad (8)$$

где f_0 – частота дискретизации.

Задачу определения параметров функции (8) можно решить также методом максимального правдоподобия, применение которого осложнено недостаточной надежностью априорной информации о распределениях помех [12]. Метод максимального правдоподобия, как известно, в случае независимых одинаково распределенных гауссовых величин эквивалентен методу наименьших квадратов. В этом случае параметры функции (8) можно, в принципе, найти методами нелинейного программирования. А именно, в случае функции (8), посредством решения задачи минимизации:

$$\{\hat{\omega}_1, \hat{\mathbf{a}}, \hat{\boldsymbol{\phi}}\} = \arg \min_{\{\omega_1, \mathbf{a}, \boldsymbol{\phi}\}} \|s - x\|^2.$$

Если ввести векторы выборок выделяемого $\mathbf{s} = (s(1) \ s(2) \ \dots \ s(N))^T$ и наблюдаемого $\mathbf{x} = (x(1) \ x(2) \ \dots \ x(N))^T$ сигнала, векторы $\mathbf{a} = (a_1, \dots, a_p)^T$ и $\boldsymbol{\phi} = (\phi_1, \dots, \phi_p)^T$, то норму можно записать в виде:

$$\|s - x\|^2 = \langle s - x, s - x \rangle = \sum_{k=1}^N \left| \sum_{n=1}^p a_n e^{j\left(n\frac{\omega_1}{f_0}k + \phi_n\right)} - x(k) \right|^2.$$

Если, к тому же, помеха является коррелированной, с корреляционной функцией $R(k)$, то квадрат нормы в задаче минимизации принимает [16] вид:

$$\|s - x\|^2 = \langle s - x, s - x \rangle = (\mathbf{s} - \mathbf{x})^T \mathbf{R}^{-1} (\mathbf{s} - \mathbf{x})^*.$$

Как задачу нелинейной регрессии можно рассматривать метод максимального правдоподобия, если только принять, что оцениваемый сигнал имеет вид многочлена $\mathbf{a}^T \boldsymbol{\varphi}(t)$ по системе линейно независимых функций. Это приводит к параметрической задаче максимизации функции правдоподобия $P(y_a^b | \mathbf{a})$, решение которой по наблюдаемым на интервале $[a, b]$ данным y_a^b записывается в виде:

$$\hat{\mathbf{a}} = \arg \sup_{\mathbf{a}} P(y_a^b | \mathbf{a}). \quad (9)$$

Метод максимального правдоподобия может быть использован при определенных условиях, если наблюдаемые данные представляют собой последовательность независимых случайных величин с плотностью вероятности $p(y_k | \mathbf{a})$. При этом функция правдоподобия

имеет вид $P(y_a^b | \mathbf{a}) = \prod_{k=1}^n p(y_k | \mathbf{a})$. Аналогично, если известны одномерная плотность

вероятности $p(y_k | \mathbf{a})$ и условная плотность вероятности $p(y_{k+1} | y_k, \mathbf{a})$, то функция правдоподобия описывается выражением:

$$P(y_a^b | \mathbf{a}) = p(y_1 | \mathbf{a}) \prod_{k=1}^{n-1} p(y_{k+1} | y_k, \mathbf{a}).$$

В связи с рассмотренными выше методами параметрической оптимизации и локальной аппроксимации, следует отметить, что по своему содержанию они практически эквивалентны проекционным методам решения операторных уравнений, проекционным и интерполяционным методам анализа и расчета систем [13].

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

В свободном пространстве эхо-сигналы образуются в результате отражений, обусловленных особенностями рельефа местности, расположения строений и крупногабаритных объектов. Значительные размеры территории приводят к большим задержкам распространения эхо-сигналов и снижению разборчивости речи. Кроме того, в акустическом поле с множеством различных каналов эха часто возникают зоны молчания, что, в частности, необходимо учитывать при проектировании систем оповещения. Импульсные функции в каналах распространения эха можно при этом принять за некоторые постоянные коэффициенты передачи.

С учетом этого модель множественных отражений, принимает вид:

$$y(t) = \sum_{k=1}^r a_k u(t - \tau_k) = \sum_{k=1}^r a_k u(t - D_k T).$$

Задача при этом заключается в определении параметров затухания a_k и запаздывания $\tau_k = D_k T$ для r каналов эхо-сигналов.

По условию, сигнал $u(t)$, отражения которого формируют эхо-сигналы $y(t)$, является известным и нестационарным. Это позволяет применить при оценивании параметров a_k и D_k технику корреляционного анализа [2].

Таким образом, алгоритм обработки сигнала для компенсации отражений эхо-сигналов $y(t-D)$ и для подавления акустических шумовых помех $\gamma(t)$ может быть описан в следующем виде:

- на вход микрофона поступает сигнал:

$$x(t) = u_0(t) + y(t-D) + \gamma(t);$$

- в блоке вычисления долговременных параметров вычисляются D_k and a_k , методом корреляционно-экстремального оценивания [18], в виде:

$$R_{u_0, x} = \frac{1}{N+1} \sum_{n=0}^N x(n-D)u_0(n)$$

$$\hat{a}_k = \frac{R_{u_0, x} \hat{D}_k T}{R_{u_0, u_0}(0)}, \text{ при } \hat{a}_k \geq \beta, D = \hat{D}_k, \text{ где } \beta - \text{пороговый уровень};$$

- вычисляется опорный сигнал для адаптивного фильтра L -го порядка:

$$\hat{y}_k(n) = \hat{a}_k u_0(n - \hat{D}_k + L/2).$$

- выходной сигнал сумматора $x(n) = u_0(n) + e(n) + \gamma(n)$, где $e(n) = y(t-D) - \hat{y}(t-D)$;
- на выходе шумоподавляющего устройства:

$$x(n) = u_0(n) + e(n) + B\gamma(n), \quad B < 0,01, \quad e(n) < 0,01, \quad \text{тогда } x(n) \approx u_0(n).$$

Синтез алгоритма шумоподавляющего устройства осуществлен с применением таких статистических характеристик сигналов, как аппроксимация функции распределения плотности вероятностей речевых сигналов [15] и аппроксимация функции распределения внешних шумовых акустических помех [14, 17, 19], полученных, например, методами оптимизации с ограничениями (1), (2).

На рисунке 1 показана структура абонентского устройства в соответствии с алгоритмом обработки, представленным выше.

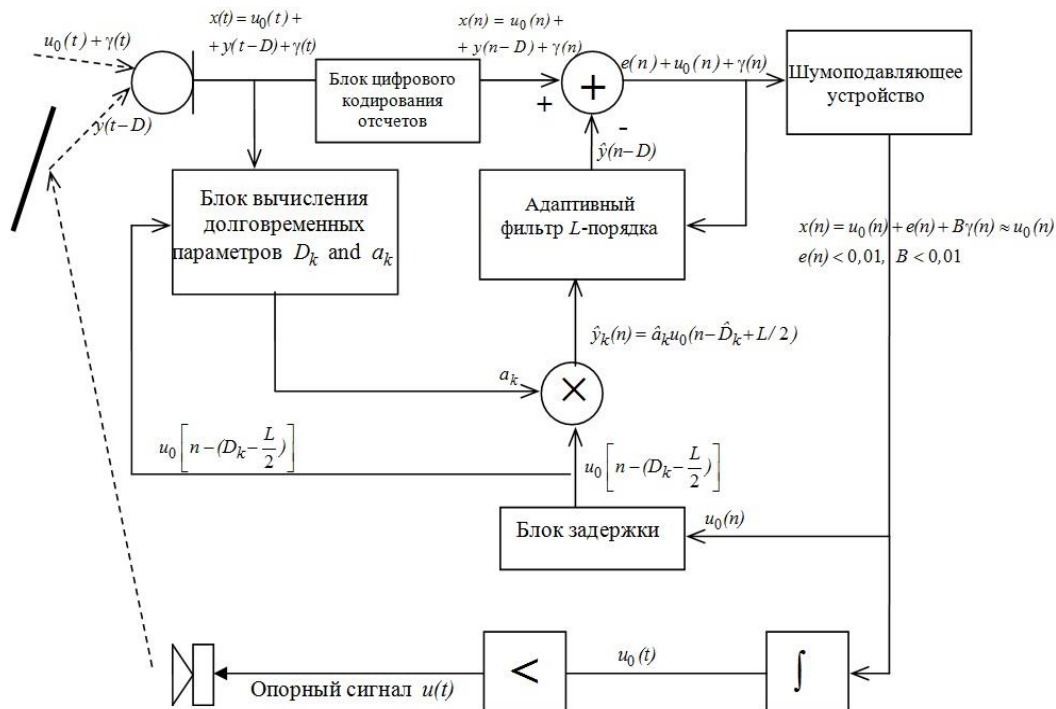


Рисунок 1 – Абонентское устройство системы громкоговорящей связи с каналом компенсации эхо-сигналов и шумоподавляющим устройством

В соответствие с рисунком 1, в абонентском устройстве имеются блок вычисления долговременных параметров эха: a_k и D_k , блок формирования опорного сигнала адаптивного фильтра [18], блок компенсации эхо-сигналов, включающий адаптивный фильтр и сумматор, а также шумоподавляющее устройство, реализующее алгоритм адаптивного подавления акустических помех с формантным распределением полос режекции [17].

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В отличие от открытой территории, эхо-сигнал в замкнутых помещениях правильнее считать интегральной суммой компонентов, непрерывно распределенных по величине задержки. Достаточно хорошим приближением к действительности может явиться использование модели эхо-сигнала. Входящие в эти выражения импульсные функции $h_k(t)$ имитируют, при этом, непрерывное распределение задержек в пределах относительно небольших окрестностей $[\tau_k - \varepsilon, \tau_k + \varepsilon]$, $k = 0, 1, \dots, r$, выделенных главных каналов эха.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, проблема обработки сигналов в телекоммуникационных системах передачи речи обуславливается недостаточностью достоверной априорной информации о характеристиках наблюдаемых сигналов. Задачи оценивания параметров моделей решаются различными методами в зависимости от ограничений на статистические характеристики наблюдаемых сигналов. Наиболее перспективными методами для данных условий можно

считать метод минимизации функции потерь, метод максимального правдоподобия, метод согласования корреляционных функций.

Моделирование внешних помех эхо-сигналов можно рассматривать как средство преодоления априорной неопределенности, основанное на извлечении соответствующей информации из результатов наблюдений [18].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вапник В.Н., Стефанюк А.Р. Непараметрические методы восстановления плотности вероятности. – Автоматика и телемеханика, 1978. – № 8. – С. 38-52.
2. Kropotov Y.A., Belov A.A. Method of correlation-extreme parameter estimation of acoustic echoes in telecommunication audio exchange systems. Proceedings International Siberian Conference on Control and Communications. – SIBCON, 2015. – С. 714-718.
3. Бриллинджер Д. Временные ряды. Обработка данных и теория. – М.: Мир, 1980. – 536 с.
4. Пугачев В.С., Сеницын И.Н. Теория стохастических систем. – М.: Логос, 2004. – 1000 с.
5. Льюнг Л. Идентификация систем. Теория для пользователя. – М.: Наука, 1991. – 432 с.
6. Hansler E., Schmidt G. Topics in acoustic echo and noise control: Selected methods for the cancelation of acoustic echoes, the reduction of background noise, and speech processing. – Berlin, Heidelberg, Springer, 2006. – 642 p.
7. Пугачев В.С., Сеницын И.Н. Стохастические дифференциальные системы. Анализ и фильтрация. – М.: Наука, 1990. – 632 с.
8. Лоусон Ч., Хенсон Р. Численное решение задач метода наименьших квадратов. – М.: Наука, 1986. – 232 с.
9. Полак Э. Численные методы оптимизации. Единый подход. – М.: Мир, 1974. – 376 с.
10. Найт У.С., Придэм Р.Г., Кей С.М. Цифровая обработка сигналов в гидролокационных системах. – ТИИЭР. – Т. 69. – № 11, 1981. – С. 84-155.
11. Björck Åke. Numerical methods for least squares problems. – Philadelphia: SIAM, 1996. – 408 p.
12. Катковник В.Я. Методы алгоритмической оптимизации. – Методы исследования нелинейных систем автоматического управления. – М.: Наука, 1975. – 448 с.
13. Белов А.А., Кропотов Ю.А. Исследование вопросов сжатия и поиска картографической информации методом вейвлет-преобразований в экологической геоинформационной системе. – Вестник компьютерных и информационных технологий, 2008. – № 12. – С. 9-14.
14. Кропотов Ю.А., Быков А.А. Алгоритм подавления акустических шумов и сосредоточенных помех с формантным распределением полос режекции. – Вопросы радиоэлектроники, 2010. – Т.1. – № 1. – С. 60-65.
15. Быков А.А., Кропотов Ю.А. Модель закона распределения вероятности амплитуд сигналов в базе экспоненциальных функций системы. – Проектирование и технология электронных средств, 2007. – № 2. – С. 30-34.
16. Кропотов Ю.А. Алгоритм определения параметров экспоненциальной аппроксимации закона распределения вероятности амплитуд речевого сигнала. – Радиотехника, 2007. – № 6. – С. 44-47.
17. Кропотов Ю.А., Ермолаев В.А. Устройство адаптивного подавления акустических шумов и акустических сосредоточенных помех. Патент России № 2502185, 2013. – Бюл. № 35.
18. Кропотов Ю.А., Парамонов А.А. Методы проектирования алгоритмов обработки информации телекоммуникационных систем аудиообмена: моногр. – М. – Берлин: Директ-Медиа, 2015. – 226 с.
19. Кропотов Ю.А. Алгоритм вычисления сигнала управления каналом режекции многоканальной системы передачи акустических сигналов. – Вопросы радиоэлектроники, 2010. – Т. 1. – № 1. – С. 57-60.
20. Kropotov Y.A., Ermolaev V.A. Algorithms for processing acoustic signals in telecommunication systems by local parametric methods of analysis. Proceedings International Siberian Conference on Control and Communications. – SIBCON, 2015. – P. 714-719.

21. Колпаков А.А., Кропотов Ю.А. Аспекты оценки увеличения производительности вычислений при распараллеливании процессоров вычислительных систем. – Методы и устройства передачи и обработки информации, 2011. – № 13. – С. 124-127.
22. Кропотов Ю.А. и др. Методы проектирования телекоммуникационных информационно-управляющих систем аудиообмена в сложной помеховой обстановке / Ю.А. Кропотов, А.А. Белов, А.Ю. Проскуряков, А.А. Колпаков // Системы управления, связи и безопасности, 2015. – № 2. – С. 165-183.

Белов Алексей Анатольевич

Муромский институт (филиала) ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Муром
Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры ЭИВТ
Тел.: 8 (49234) 77-2-72
E-mail: aleks.murom@mail.ru

Кропотов Юрий Анатольевич

Муромский институт (филиала) ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Муром
Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой ЭИВТ
Тел.: 8 (49234) 77-2-72
E-mail: kaf-eivt@yandex.ru

Проскуряков Александр Юрьевич

Муромский институт (филиала) ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Муром
Кандидат технических наук, доцент кафедры ЭИВТ
Тел.: 8 (49234) 77-2-72
E-mail: doctor_lector@inbox.ru

Холкина Наталья Евгеньевна

Муромский институт (филиала) ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Муром
Старший преподаватель кафедры ЭИВТ
Тел. 8 (49234) 77-2-72
E-mail: kaf-eivt@yandex.ru

A.A. BELOW (*Candidate of Engineering Sciences,
Associate Professor, Associate Professor of the Department «Electronic and Computer Engineering»*)

Yu.A. KROPOTOV (*Doctor of Engineering Sciences, Professor,
Head of the Department «Electronic and Computer Engineering»*)

A. Yu. PROSKURYAKOV (*Candidate of Engineering Sciences,
Associate Professor of the Department «Electronic and Computer Engineering»*)

N.E. XOLKINA (*Senior Lecturer of the Department «Electronic and Computer Engineering»
Murom Institute (Branch) State Institution of Higher Professional Education
«Vladimir State University named after Alexander and Nicholas Stoletovs», Murom*)

**MODELING OF SIGNALS IN TELECOMMUNICATIONS
AUDIOSHARING IN TERMS OF ACOUSTIC NOISE**

The paper considers models and methods for estimating signals during the transmission of information messages in telecommunication systems of audio exchange. One-dimensional probability distribution functions that can be used to isolate useful signals and acoustic noise interference are presented. An approach is proposed for estimating the correlation and spectral functions of the parameters of acoustic signals, based on the parametric representation of acoustic signals and components of the noise components. The paper suggests an approach to improving the efficiency of interference cancellation and highlighting the necessary information when processing signals from telecommunications systems. In this case, the suppression of acoustic noise is based on the methods of adaptive filtering

and adaptive compensation. The work also describes the models of echo signals and the structure of subscriber devices in operational-command telecommunication communication systems.

Keywords: methods of signal estimation; voice messages; telecommunication systems; one-dimensional distribution functions; random processes; echo signals.

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Vapnik V.N., Stefanyuk A.R. Neparаметricheskie metody vosstanovleniya plotnosti veroyatnosti. – Avtomatika i telemekhanika, 1978. – № 8. – S. 38-52.
2. Kropotov Y.A., Belov A.A. Method of correlation-extreme parameter estimation of acoustic echoes in telecommunication audio exchange systems. Proceedings International Siberian Conference on Control and Communications. – SIBCON, 2015. – S. 714-718.
3. Brillindzher D. Vremennye ryady. Obrabotka dannyh i teoriya. – M.: Mir, 1980. – 536 s.
4. Pugachev V.S., Sinicyn I.N. Teoriya stohasticheskikh sistem. – M.: Logos, 2004. – 1000 s.
5. L'yung L. Identifikaciya sistem. Teoriya dlya pol'zovatelya. – M.: Nauka, 1991. – 432 s.
6. Hansler E., Schmidt G. Topics in acoustic echo and noise control: Selected methods for the cancelation of acoustic echoes, the reduction of background noise, and speech processing. – Berlin, Heidelberg, Springer, 2006. – 642 p.
7. Pugachev V.S., Sinicyn I.N. Stohasticheskie differencial'nye sistemy. Analiz i fil'traciya. – M.: Nauka, 1990. – 632 s.
8. Louson CH., Henson R. CHislennoe reshenie zadach metoda naimen'shikh kvadratov. – M.: Nauka, 1986. – 232 s.
9. Polak E. Chislennye metody optimizacii. Edinyj podhod. – M.: Mir, 1974. – 376 s.
10. Najt U.S., Pridem R.G., Kej S.M. Cifrovaya obrabotka signalov v gidrolokacionnyh sistemah. – TIIR. – T. 69. – № 11, 1981. – C. 84-155.
11. Björck Åke. Numerical methods for least squares problems. – Philadelphia: SIAM, 1996. – 408 p.
12. Katkovnik V.Ya. Metody algoritmicheskoy optimizacii. – Metody issledovaniya nelinejnyh sistem avtomaticheskogo upravleniya. – M.: Nauka, 1975. – 448 s.
13. Belov A.A., Kropotov YU.A. Issledovanie voprosov szhatiya i poiska kartograficheskoy informacii metodom vejjvlet-preobrazovaniy v ekologicheskoy geoinformacionnoj sisteme. – Vestnik komp'yuternyh i informacionnyh tekhnologij, 2008. – № 12. – S. 9-14.
14. Kropotov Yu.A., Bykov A.A. Algoritm podavleniya akusticheskikh shumov i sosredotochennyh pomekh s formantnym raspredeleniem polos rezhekcii. – Voprosy radioelektroniki, 2010. – T.1. – № 1. – S. 60-65.
15. Bykov A.A., Kropotov YU.A. Model' zakona raspredeleniya veroyatnosti amplitud signalov v bazise eksponencial'nyh funkcyj sistemy. – Proektirovanie i tekhnologiya elektronnyh sredstv, 2007. – № 2. – S. 30-34.
16. Kropotov Yu.A. Algoritm opredeleniya parametrov eksponencial'noj approksimacii zakona raspredeleniya veroyatnosti amplitud rechevogo signala. – Radiotekhnika, 2007. – № 6. – S. 44-47.
17. Kropotov Yu.A., Ermolaev V.A. Ustrojstvo adaptivnogo podavleniya akusticheskikh shumov i akusticheskikh sosredotochennyh pomekh. Patent Rossii № 2502185, 2013. – Byul. № 35.
18. Kropotov Yu.A., Paramonov A.A. Metody proektirovaniya algoritmov obrabotki informacii telekommunikacionnyh sistem audioobmena: monogr. – M. – Berlin: Direkt-Media, 2015. – 226 s.
19. Kropotov Yu.A. Algoritm vychisleniya signala upravleniya kanalom rezhekcii mnogokanal'noj sistemy peredachi akusticheskikh signalov. – Voprosy radioelektroniki, 2010. – T. 1. – № 1. – S. 57-60.
20. Kropotov Y.A., Ermolaev V.A. Algorithms for processing acoustic signals in telecommunication systems by local parametric methods of analysis. Proceedings International Siberian Conference on Control and Communications. – SIBCON, 2015. – P. 714-719.
21. Kolpakov A.A., Kropotov YU.A. Aspekty ocenki uvelicheniya proizvoditel'nosti vychislenij pri rasparrallelivanii processorov vychislitel'nyh sistem. – Metody i ustrojstva peredachi i obrabotki informacii, 2011. – № 13. – S. 124-127.
22. Kropotov Yu.A. i dr. Metody proektirovaniya telekommunikacionnyh informacionno-upravlyayushchih sistem audioobmena v slozhnoj pomekhovoj obstanovke / YU.A. Kropotov, A.A. Belov, A.YU. Proskuryakov, A.A. Kolpakov // Sistemy upravleniya, svyazi i bezopasnosti, 2015. – № 2. – S. 165-183.

УДК 004.7

С.В. ДМИТРИЕВ, О.В. ПЛЫГУНОВ, Д.С. ЦАРЕВ, М.С. ЦАРЕВ

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ПОИСКА РАВНОВЕСНОГО СОСТОЯНИЯ СЕТИ ПРИ РАСПРЕДЕЛЕНИИ РАЗНОРОДНЫХ ПОТОКОВ В РЕЖИМЕ «МНОГОТОЧКА-МНОГОТОЧКА»

В статье проведен анализ существующих подходов и алгоритмов для поиска равновесного состояния сети связи. Сформулирована оптимизационная задача поиска равновесного состояния сети при распределении разнородных потоков трафика. Разработаны два альтернативных подхода для решения оптимизационной задачи.

Ключевые слова: равновесное состояние сети связи; распределение разнородных потоков; QoS.

ВВЕДЕНИЕ

В 1952 году Вардропом было сформулировано два основных принципа распределения потоков в сетях связи. Первый принцип описывает ситуацию равновесного распределения потоков, называемую конкурентным равновесием, второй описывает ситуацию оптимального распределения потоков, называемую системным оптимумом [1].

На сегодняшний день изучением задач, связанных с равновесным и оптимальным распределением потоков в сети, занимаются различные научные школы [2-5]. Большинство задач подобного класса в конечном итоге сводится к поиску совокупности «кратчайших путей» с минимальной обобщенной стоимостью (весом), представляющей собой агрегированный критерий оценки. Стоимость пути рассчитывается как сумма стоимостей движения по дугам, из которых состоит путь, а также стоимостей переходов с дуги на дугу. Как правило, для упрощения расчетов стоимость переходов не учитывают.

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ПОДХОДОВ ДЛЯ ПОИСКА РАВНОВЕСНОГО СОСТОЯНИЯ

На сегодняшний день алгоритмы поиска равновесия в сетях связи можно разделить на «дуговые», основанные на работе с потоками по дугам, и «маршрутные», работающие с потоками по всем путям в сети. Типичным примером дугового алгоритма является алгоритм Франке-Вульфа [6], маршрутного типа – алгоритмы балансировки по путям [7-9].

Особенностью алгоритма Франке-Вульфа является то, что он дает возможность вычислить итоговую равновесную загрузку транспортной сети, не сохраняя в памяти само распределение потоков по путям. Данный алгоритм до сих пор является наиболее распространенным в практике моделирования загрузки автомобильных сетей. Но он обладает существенным недостатком, связанным с тем, что на практике скорость сходимости по мере увеличения числа итераций существенно ухудшается. Ухудшение сходимости тесно связано с так называемым эффектом «застревающих потоков» [6]. Он проявляется в сильной неравномерности сходимости потоков к равновесным значениям на отдельных дугах.

Основная идея алгоритмов балансировки по путям состоит в индивидуальной работе с потоками, что позволяет своевременно перераспределять отдельные «застывшие потоки» [7-9]. Однако, перераспределение одного потока среди альтернативных путей изменяет стоимости дуг и косвенно влияет на распределение других потоков, использующих те же дуги. Отсюда возникает необходимость в многократном проходе всего массива потоков для приведения системы в равновесное состояние. Данные алгоритмы относятся к классу вероятностных, осуществляющих нахождение равновесного состояния за конечное число шагов с некоторой конечной точностью, а значит, не гарантируют единственность оптимального решения, что в некоторых случаях является критичным моментом.

Промежуточным, представляющим собой нечто среднее между дуговыми и маршрутными алгоритмами, является подход, предложенный Bar-Gera [10]. Основной его идеей является различение на каждой дуге потоков,двигающихся из общего узла-истока, без различения узлов-стоков. Как показали численные эксперименты, алгоритм обеспечивает требуемую равномерность сходимости и решает проблему «застрявших потоков» [10].

На сегодняшний день рассмотренные алгоритмы решают задачу распределения разнородных потоков при наличии возможности их расщепления на отдельные части. Пропуск отдельных потоков в пределах VPN-туннелей иногда не предполагает подобного расщепления. В связи с этим описанные алгоритмы способны найти равновесное состояние только при предоставлении услуг в режиме «точка-точка» или «точка-многоточка» при условии существования независимых путей для каждого потока. При этом при предоставлении услуг в режиме «многоточка-многоточка», данные алгоритмы решить не способны.

Выходом может быть применение алгоритмов на основе полного перебора. В этом случае оптимальное решение будет однозначно найдено за конечное время. Однако, такие алгоритмы имеют экспоненциальную асимптотическую вычислительную сложность. Это означает, что с ростом количества потоков, количество операций, реализующих перебор альтернативных путей, будет расти экспоненциально.

Применение методов, основанных на использовании алгоритмов полного перебора, приведет к достаточно большим вычислительным затратам на поиск равновесного состояния, что в реальных динамических системах является недопустимым. Следовательно, необходим алгоритм, который будет позволять получать оптимальное решение или близкое к оптимальному при распределении разнородных потоков в режиме «многоточка-многоточка» с полиномиальной асимптотической вычислительной сложностью.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ПОИСКА РАВНОВЕСНОГО СОСТОЯНИЯ СЕТИ

Для решения задачи, связанной с распределением разнородных потоков следует учитывать показатели, характеризующие как возможность каналов связи пропускать разнородные потоки с требуемым качеством, так и эффективное использование пропускной способности [11]. В соответствии с [12, 13] с этой целью выделяют три показателя:

1. Индикатор (I) обеспечения качества обслуживания (QoS – от англ. *Quality of Service*) характеризует возможность выполнения требований к QoS при пропуске потоков трафика. Данный показатель принимает значение «0» или «1». Использование индикатора обеспечения QoS позволяет исключить из расчетов каналы, значения параметров которых не будут удовлетворять предъявляемым требованиям к QoS.

2. Коэффициент использования доступной пропускной способности канала (K) характеризует эффективное использование ресурса каналов связи.

3. Коэффициент теоретического задействования (KTZ) определяет значение доли частоты задействования ребер графа (логических каналов) и показывает, как часто отдельные ребра могут быть задействованы при формировании кратчайших путей в различных информационных направлениях.

Все показатели имеют одинаковую размерность со значениями, находящимися в пределах от 0 до 1. Адекватный расчет значений веса каналов (w_l) после пропуска потоков в требуемых информационных направлениях возможен только при использовании мультипликативной формы записи свертки показателей [12]:

$$w_l = \frac{K_l \cdot KTZ_l}{I_l}. \quad (1)$$

Аддитивная форма в отдельных случаях не позволяет учесть невыполнение требований к QoS и различия в коэффициентах использования доступной пропускной способности на отдельных каналах при организации составных путей.

Отнесение показателя I_l в знаменатель обуславливается тем, что, в числителе при $I_l = 0$, вес канала будет минимальным. Это переводит данный канал в разряд удовлетворяющих требованиям к QoS, что противоречит логике. Для исключения деления на ноль в алгоритме требуется отдельная процедура, обрабатывающая данную ситуацию как исключение.

Сформулируем задачу поиска равновесного состояния сети: требуется распределить $Flow_{общ}$ потоков в $R^{(p)}$ -х информационных направлений с учетом выполнения требований к QoS и эффективного использования ресурса логических каналов связи.

Данная задача относится к классу оптимизационных и заключается в поиске равновесного состояния, которое будет определяться максимальным количеством потоков, обслуженных с требуемым качеством относительно общего количества.

Анализ алгоритмов k -путевой маршрутизации, представленных в работах Вишневского [11], Ху [14], а также анализ решения задач о максимальном и многотоварном потоках, представленных в работе Фрэнка и Фриша [15], позволяет сделать вывод о наличии зависимости максимального количества потоков, пропускаемых через сеть, от загруженности каналов связи. Из этого следует, что минимизация средней загруженности каналов связи (WL) при заданном количестве распределяемых потоков ($Flow_{общ}$) позволяет достичь максимума количества потоков, обслуживаемых с требуемым качеством ($Flow^{(QoS,p)}$):

$$\min(WL) \Leftrightarrow \max(Flow^{(QoS,p)}). \quad (2)$$

Поскольку распределяемые потоки имеют различные классы обслуживания, то поиск равновесного состояния должен осуществляться для каждого класса в отдельности, начиная с наивысшего [12].

Каждое предыдущее распределение потоков $(p-1)$ -го класса влечет за собой изменение значений доступной пропускной способности задействованных каналов, которое должно учитываться при последующем распределении потоков p -го класса. В соответствии с этим равновесное состояние сети после каждого распределения потоков p -го класса обслуживания в требуемых информационных направлениях будет определяться минимальным средним значением загруженности каналов, а процесс его поиска представлять итерационную процедуру решения следующей оптимизационной задачи:

$$WL = \left[\frac{1}{i'_{\max}} \sum_{i'=1}^{i'_{\max}} \left(\frac{K_{l_{i'}}^{(QoS,p)} \cdot KTZ_{l_{i'}}^{(QoS,p)}}{I_{l_{i'}}^{(QoS,p)}} \right) \right] \rightarrow \min_{W^{(R^{(p)})}}. \quad (3)$$

Значения показателя WL могут находиться в пределах: $0 < WL \leq 1/i'_{\max}$. Результатом решения оптимизационной задачи является матрица путей ($W^{(opt,p)}$), которой соответствует минимальное значение показателя WL .

Поиск минимума целевой функции осуществляется по всему множеству матриц путей W . Элементами матрицы являются веса каналов связи. Строками являются пути в требуемых $R^{(p)}$ -х направлениях, столбцами – каналы связи, входящие в состав этих путей. Если канал не входит в состав пути, то его вес считается равным нулю.

На сегодняшний день, в условиях предоставления услуг в режиме «многоточка-многоточка», для объективного принятия решения о выборе совокупности путей, соответствующей минимуму целевой функции, может быть использован алгоритм, реализующий метод полного перебора [16].

Пусть структура сети представлена графом, изображенном на рисунке 1.

Для упрощения вычислений будем считать, что все каналы удовлетворяют

требованиям к QoS ($I_{l_i}^{(QoS,p)} = 1$ для всех $l_i' \in L$), а их пропускная способность одинаковая и равна 10 Мбит/с. Также известно множество всех возможных простых путей $M^{(R^{(p)})} = \{\mu_q^{(R^{(p)})}\}, q=1,2,\dots,q_{\max}$ во множество $R^{(p)}$ -х информационных направлений ($R^{(p)} = \{r_{i''}^{(p)}\}$), отсортированных по увеличению количества входящих ребер.

Каждое информационное направление пропуска потоков p -го класса обслуживания, определяется парой узлов $\{v_i, v_j\}, i \neq j; p=0,1,\dots,P; i''=1,2,\dots,i''_{\max}$. Каждый путь представляет собой совокупность l_i' -х каналов, таких, что $\mu^{(r_{i''}^{(p)})} = \{l_i' \mid l_i' \in L \wedge \exists((v_i \in l_i') \wedge (v_i \in l_{i'+1}))\}$.

Требуется распределить три потока равного класса обслуживания ($p=1$) с равной требуемой пропускной способностью, составляющей 1 Мбит/с, в трех информационных направлениях: 1-7, 2-6, 4-5.

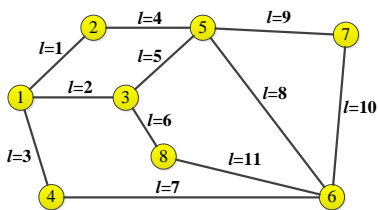


Рисунок 1 – Пример графа сети

Для упрощения представления вычислений, можно ограничиться первыми пятью альтернативными путями ($q_{\max}=5$) в каждом информационном направлении, сформированными по критерию минимума количества транзитных узлов (табл. 1).

Таблица 1 – Альтернативные пути в требуемых информационных направлениях

$q \setminus i'$	1-7	4-5	2-6
1	1-2-5-7	4-6-5	2-5-6
2	1-3-5-7	4-1-2-5	2-1-4-6
3	1-4-6-7	4-1-3-5	2-5-7-6
4	1-2-5-6-7	4-6-7-5	2-1-3-5-6
5	1-3-5-6-7	4-6-8-3-5	2-1-3-8-6

В соответствие с [13], для каждого канала может быть рассчитан КТЗ (табл. 2).

Таблица 2 – Значения КТЗ для логических каналов сети связи

i'	1-2	1-3	1-4	2-5	3-5	3-8	4-6	5-6	5-7	6-7	6-8
КТЗ	0,095	0,099	0,097	0,095	0,089	0,095	0,096	0,072	0,083	0,082	0,092

В результате работы алгоритма, использующего метод полного перебора, формируется *Path* матриц путей, из которых выбирается одна $W^{(opt,p)}$, соответствующая минимуму целевой функции. Пример результатов работы данного алгоритма представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты работы алгоритма, использующего метод полного перебора

$R^{(p)}$	$\mu \setminus i'$	1-2	1-3	1-4	2-5	3-5	3-8	4-6	5-6	5-7	6-7	6-8
1-7	1-2-5-7	0.0095	0	0	0.0095	0	0	0	0	0.0083	0	0
4-5	4-6-5	0	0	0	0	0	0	0.0096	0.0072	0	0	0
2-6	2-5-6	0	0	0	0.0095	0	0	0	0.0072	0	0	0
WL_1		0.0057										
1-7	1-2-5-7	0.0095	0	0	0.0095	0	0	0	0	0.0083	0	0
4-5	4-6-5	0	0	0	0	0	0	0.0096	0.0072	0	0	0

2-6	2-1-4-6	0.0095	0	0.0097	0	0	0	0.0096	0	0	0	0
WL_2	0.0066											
...												
1-7	1-3-5-6-7	0	0.0099	0	0	0	0.0095	0	0.0072	0	0.0082	0
4-5	4-6-8-3-5	0	0	0	0	0.0089	0.0095	0.0096	0	0	0	0.0092
2-6	2-1-3-8-6	0.0095	0.0099	0	0	0.0089	0	0	0	0	0	0.0092
WL_{Path}	0.0099											

При заданных условиях минимум целевой функции равен $W^{(opt,p)}=0,0055$, что соответствует матрице W_{26} , построенной с использованием следующей совокупности путей: 1-3-5-7, 4-6-5, 2-5-6.

Алгоритм полного перебора позволяет найти оптимальную совокупность альтернативных путей, при этом будет производиться перебор $Q_{п.п.}$ комбинаций совокупностей альтернативных путей: $Q_{п.п.} = (i''')^{(Flow_{общ}+1)}$, где i''' – количество альтернативных путей в одном направлении; $Flow_{общ}$ – количество распределяемых потоков, а асимптотическая вычислительная сложность данного алгоритма составляет $O(i''')^{(Flow_{общ})}$, при $i''' = const$ [17].

В качестве альтернативы полному перебору предлагается два новых подхода, позволяющих уменьшить размерность количества выполняемых операций.

Первый подход основан на полном переборе информационных направлений, выбираемых в качестве лидеров. Суть данного алгоритма заключается в последовательном выборе информационных направлений-лидеров из требуемого множества направлений пропуска потоков, в пределах которых производится определение пути с минимальным весом. После каждого очередного такого выбора пути, относящиеся к текущему информационному направлению, из последующих расчетов исключаются. Происходит выбор следующего направления-лидера и определение следующего пути с минимальным весом с учетом изменившихся значений коэффициента использования доступной пропускной способности ребер, входящих в состав выбранного ранее пути.

В результате формируется один из вариантов совокупности альтернативных путей. После этого порядок назначения информационных направлений-лидеров меняется и производится расчет уже следующего варианта. По исчерпанию всех комбинаций назначения направлений-лидеров производится выбор варианта с наименьшим значением целевой функции.

Рассмотрим реализацию данного подхода на конкретном примере. На первом этапе выбирается первое направление-лидер, например, 1-7. На основе данных таблиц 1 и 2, рассчитывается вес каждого пути в этом направлении, и выбирается путь с наименьшим весом (табл. 4).

Таблица 4 – Вес альтернативных путей в требуемых информационных направлениях

q	Γ_1		Γ_2		Γ_3	
	μ	w_μ	μ	w_μ	μ	w_μ
1	1-2-5-7	0,0273	4-6-5	0,0167	2-5-6	0,0240
2	1-3-5-7	0,0271	4-1-2-5	0,0288	2-1-4-6	0,0287
3	1-4-6-7	0,0275	4-1-3-5	0,0473	2-5-7-6	0,0368
4	1-2-5-6-7	0,0344	4-6-7-5	0,0438	2-1-3-5-6	0,0449
5	1-3-5-6-7	0,0342	4-6-8-3-5	0,0470	2-1-3-8-6	0,0471

Расчет веса альтернативных путей производится путем суммирования веса каналов, входящих в состав этих путей.

Найденный путь с минимальным весом записывается в первую строку первой матрицы. В данном случае это путь 1-3-5-7 (табл. 5, столбец $i'' = 1$).

Таблица 5 – Результаты работы алгоритма, использующего первый подход

i''	$\mu \setminus i'$	1-2	1-3	1-4	2-5	3-5	3-8	4-6	5-6	5-7	6-7	6-8
1	1-3-5-7	0	0,0099	0	0	0,0089	0	0	0	0,0083	0	0
2	4-6-5	0	0	0	0	0	0	0,0096	0,0072	0	0	0
3	2-5-6	0	0	0	0,0095	0	0	0,0096	0	0	0	0
WL1		0,0055										

Поскольку первый путь определен, то считается, что логические каналы, входящие в его состав уже задействованы, следовательно, коэффициенты использования доступной пропускной способности изменились.

На следующем этапе выбирается новое направление-лидер, отличное от предыдущего, например, 4-5, и рассчитываются веса соответствующих альтернативных путей с учетом изменившихся значений $K_{l_i}^{(QoS,p)}$. Среди них снова выбирается путь с минимальным весом и записывается во вторую строку матрицы W_1 .

Далее рассчитываются веса альтернативных путей в последнем информационном направлении (2-6) с учетом изменившихся значений $K_{l_i}^{(QoS,p)}$ на предыдущих двух этапах. Среди них выбирается путь с минимальным весом и записывается в третью строку матрицы W_1 .

Таким образом, матрица путей W_1 сформирована полностью. Значение целевой функции: $WL_1=0,0055$. Для формирования остальных матриц необходимо изменить порядок назначения направлений-лидеров и произвести расчеты, аналогичные тем, которые описаны выше.

В результате решения оптимизационной задачи при заданных условиях минимум целевой функции оказался равен 0,0055, что соответствует матрице $W^{(opt,p)} = W_1$, построенной с использованием следующей совокупности путей: 1-3-5-7, 4-6-5, 2-5-6.

Количество вариантов назначения информационных направлений-лидеров зависит от количества распределяемых потоков ($Flow_{общ}$) и определяется числом перестановок без повторений, равным $Flow_{общ}!$. Общее количество производимых операций ($Q_{н-л}$) определяется выражением $Q_{н-л} = Flow_{общ}! \cdot Flow_{общ} \cdot i'''$, а асимптотическая вычислительная сложность, при $i''' = const$, составляет $O(Flow_{общ}!)$ [17].

В основе второго подхода лежит итерационный метод выбора кратчайшего пути в процессе направленного перебора информационных направлений пропуска потоков. Схема алгоритма, реализующего данный подход, представлена на рисунке 2.

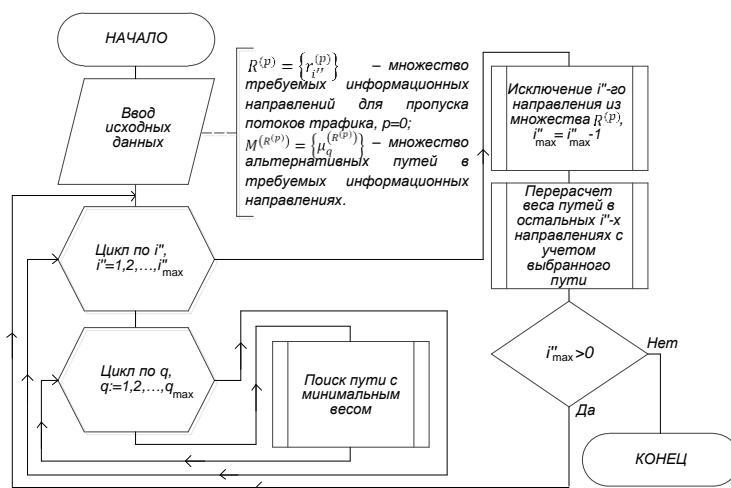


Рисунок 2 – Схема алгоритма, реализующего второй подход

Данный подход основан на принципах жадных алгоритмов, заключающихся в решении оптимизационной задачи путем разбиения ее на ряд подзадач и последовательном нахождении локальных оптимумов.

Суть разработанного алгоритма, реализующего данный подход, заключается в последовательном выборе пути с наименьшим весом из доступного множества альтернативных путей в процессе направленного перебора информационных направлений пропуска потоков. После каждого такого выбора направление, в состав которого входит найденный путь, исключается из расчетов, что влечет за собой исключение всех путей, входящих в это информационное направление. Каждый последующий выбор пути наименьшего веса производится с учетом изменившихся значений коэффициента использования доступной пропускной способности логических каналов, входящих в состав выбранного ранее пути.

Рассмотрим реализацию данного подхода на конкретном примере. На первом этапе из всего множества альтернативных путей во всех требуемых направлениях выбирается путь с минимальным весом. В данном случае это путь 4-6-5 с весом $w_{\mu}=0,0167$ (таблица 4).

Поскольку найденный путь соответствует второму информационному направлению, то данное направление из дальнейших расчетов исключается.

На втором этапе производится перерасчет весов путей в оставшихся информационных направлениях и осуществляется поиск пути с минимальным весом. В данном случае это путь 1-3-5-7 с весом $w_{\mu}=0,0271$.

По аналогии с предыдущим этапом первое информационное направление из дальнейших расчетов исключается и производится перерасчет весов путей в оставшемся третьем направлении. После этого осуществляется поиск пути с минимальным весом. В данном случае это путь 2-5-6 с весом $w_{\mu}=0,0888$.

В результате решения оптимизационной задачи при заданных условиях с использованием второго подхода минимум целевой функции оказался равен 0,0055, что соответствует матрице, аналогичной матрице, представленной в таблице 5, построенной с использованием такой же совокупности путей: 1-3-5-7, 4-6-5, 2-5-6.

При использовании второго подхода общее количество производимых операций ($Q_{н.п.}$) составляет: $Q_{н.п.} = (i''')^2 \cdot (Flow_{общ}(Flow_{общ} + 1)(Flow_{общ} - 1)/2)$, а асимптотическая вычислительная сложность, при $i''' = const$, $O((Flow_{общ})^3)$ [17].

Графики зависимости средней загрузки логических каналов в сети от количества распределяемых потоков для алгоритмов, реализующих метод полного перебора и разработанные подходы, представлены на рисунке 3.

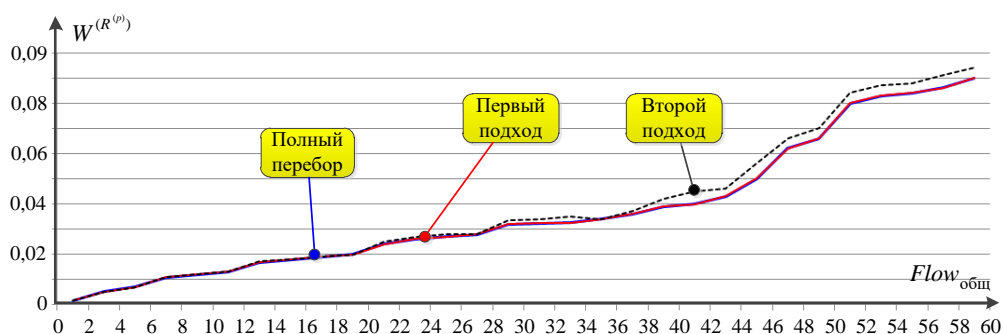


Рисунок 3 – Графики зависимости средней загрузки каналов от количества потоков

Сравнительный анализ представленных графиков показал, что разработанный первый подход позволяет находить оптимальное решение оптимизационной задачи при различных объемах входных данных с асимптотической вычислительной сложностью $O(r!)$, что для распределения большого количества потоков не всегда является приемлемым.

Второй подход позволяет находить квазиоптимальные решения с полиномиальной

вычислительной сложностью. В условиях, когда с использованием первого подхода и метода полного перебора получить оптимальное решение за ограниченный промежуток времени не представляется возможным, нахождение квазиоптимального решения можно считать допустимым. В связи с этим в современных сетях связи наиболее приемлемым является алгоритм, реализующий второй подход.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках проведенных исследований были разработаны два подхода, позволяющие решить задачу поиска равновесного состояния сети связи при распределении потоков в режиме «многоточка-многоточка». Их применение является возможным как в традиционных IP-сетях, так и в программно-конфигурируемых сетях связи, предполагающих наличие централизованного управления.

Для получения оптимальных решений может быть использован первый подход или метод полного перебора в зависимости от объема решаемой задачи. Для работы в реальных динамических системах использование метода полного перебора и первого подхода является нерациональным из-за большой вычислительной сложности. В этом случае рекомендуется использовать второй подход.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Wardrop J.G. Some theoretical aspects of road traffic research // Proc. Inst. Civil Eng, 1952. – Vol. 1. – № 3. – P. 325-362.
2. Швецов В.И. Математическое моделирование транспортных потоков. – Автоматика и телемеханика, 2003. – № 11. – С. 3-46.
3. Patriksson M. Sensitivity analysis of traffic equilibria. – Transp. Sci., 2004. – Vol. 38. – № 3. – P. 258-281.
4. Yang H., Huang J. The multi-class, multi-criteria traffic network equilibrium and systems optimum problem. – Transp. Res., 2004. – Part B, – Vol. 38, – № 1. – P. 1-15.
5. Zheng H., Chiu C. A network flow algorithm for the cell-based single-destination system optimal dynamic traffic assignment problem. – Transp. Sci., 2011. – Vol. 45. – № 1. – P. 121-137.
6. Frank M., Wolfe P. An algorithm for quadratic programming. – Naval Research Logistics Quarterly, 1956. – Vol. 3. – P. 95-110.
7. Janson B., Zozaya-Gorostiza C. The problem of cyclic flows in traffic assignment. – Transp. Res. B., 1987. – Vol. 21. – P. 299-310.
8. Patriksson M. The Traffic Assignment Problem – Models and Methods. – Netherlands: VSP, 1994. – 223 p.
9. Kupsizewska D., Vliet D. Van. 101 uses for path-based assignment. – Transport Planning Methods, 1999. – P. 105-117.
10. Bar-Gera H. Origin-based algorithm for the traffic assignment problem. – Transp. Sci., 2002. – Vol. 36. – № 4. – P. 398-417.
11. Вишнеvский В.М. Теоретические основы проектирования компьютерных сетей. – Москва: Техносфера, 2003. – 512 с.
12. Царев М.С. Распределение разнородных потоков в транспортной сети с коммутацией пакетов в условиях использования ресурса операторов связи. – Информационные системы и технологии, 2018. – № 2 (106). – С. 114-121.
13. Баранов В.А., Крюков О.В., Царев М.С. Формирование логической структуры программно-конфигурируемой сети, учитывающей требуемый уровень качества обслуживания в условиях разнородности поступающего трафика. – Системы управления и информационные технологии, 2017. – № 2 (68). – С. 29-33.
14. Ху Т. Целочисленное программирование и потоки в сетях. – Москва: Мир, 1974. – 520 с.
15. Фрэнк Г., Фриш И. Сети, связь и потоки: перевод с англ. / под ред. Д.А. Поспелова. – Москва: Связь, 1978. – 448 с.
16. Амосов А.А., Дубинский Ю.А., Копченова Н.В. Вычислительные методы для инженеров. – Москва: Высшая школа, 1994. – 544 с.

17. Кузюрин Н.Н., Фомин С.А., Эффективные алгоритмы и сложность вычислений.
– Москва: МФТИ, 2007. – 313 с.

Дмитриев Сергей Владимирович

ФГКВООУ ВО Академия Федеральной службы охраны РФ, г. Орел
Кандидат технических наук, сотрудник
Тел.: 8 (4862) 54-96-53

Плыгунов Олег Вячеславович

ФГКВООУ ВО Академия Федеральной службы охраны РФ, г. Орел
Кандидат технических наук, сотрудник
Тел.: 8 (4862) 54-96-54

Царев Дмитрий Сергеевич

ФГКВООУ ВО Академия Федеральной службы охраны РФ, г. Орел
Кандидат технических наук, сотрудник
Тел.: 8 (4862) 54-95-21

Царев Михаил Сергеевич

ФГКВООУ ВО Академия Федеральной службы охраны РФ, г. Орел
Сотрудник
Тел.: 8 (4862) 54-95-87
E-mail: tsarev333@mail.ru

S.V. DMITRIEV (*Candidate of Engineering Sciences, Employee*)

O.V. PLY'GUNOV (*Candidate of Engineering Sciences, Employee*)

D.S. CARYoV (*Candidate of Engineering Sciences, Employee*)

M.S. CARYoV (*Employee*)

The Academy of Federal Security Guard Service of the Russian Federation, Orel

**THE SOLUTION TO THE PROBLEM OF FINDING THE EQUILIBRIUM STATE OF THE NETWORK
AT THE DISTRIBUTION OF HETEROGENEOUS FLOWS IN «MULTIPOINT-TO-MULTIPOINT»**

The article analyzes the existing approaches and algorithms for finding the equilibrium state of the communication network. The optimization problem of finding the equilibrium state of the network in the distribution of heterogeneous traffic flows is formulated. Two alternative approaches have been developed to solve the optimization problem.

Keywords: *equilibrium state of communication network; distribution of heterogeneous flows; QoS.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Wardrop J.G. Some theoretical aspects of road traffic research // Proc. Inst. Civil Eng, 1952. – Vol. 1. – № 3. – P. 325-362.
2. SHvecov V.I. Matematicheskoe modelirovanie transportnyh potokov. – Avtomatika i telemekhanika, 2003. – № 11. – S. 3-46.
3. Patriksson M. Sensitivity analysis of traffic equilibria. – Transp. Sci., 2004. – Vol. 38. – № 3. – P. 258-281.
4. Yang H., Huang J. The multi-class, multi-criteria traffic network equilibrium and systems optimum problem. – Transp. Res., 2004. – Part B, – Vol. 38, – № 1. – P. 1-15.
5. Zheng H., Chiu C. A network flow algorithm for the cell-based single-destination system optimal dynamic traffic assignment problem. – Transp. Sci., 2011. – Vol. 45. – № 1. – P. 121-137.
6. Frank M., Wolfe P. An algorithm for quadratic programming. – Naval Research Logistics Quarterly, 1956. – Vol. 3. – P. 95-110.
7. Janson B., Zozaya-Gorostiza C. The problem of cyclic flows in traffic assignment. – Transp. Res. B., 1987. – Vol. 21. – P. 299-310.

8. Patriksson M. The Traffic Assignment Problem – Models and Methods. – Netherlands: VSP, 1994. – 223 p.
9. Kupsizewska D., Vliet D. Van. 101 uses for path-based assignment. – Transport Planning Methods, 1999. – P. 105-117.
10. Bar-Gera H. Origin-based algorithm for the traffic assignment problem. – Transpn. Sci., 2002. – Vol. 36. – № 4. – P. 398-417.
11. Vishnevskij V.M. Teoreticheskie osnovy proektirovaniya komp'yuternyh setej. – Moskva: Tekhnosfera, 2003. – 512 s.
12. Carev M.S. Raspredelenie raznorodnyh potokov v transportnoj seti s kommutaciej paketov v usloviyah ispol'zovaniya resursa operatorov svyazi. – Informacionnye sistemy i tekhnologii, 2018. – № 2 (106). – S. 114-121.
13. Baranov V.A., Kryukov O.V., Carev M.S. Formirovanie logicheskoy struktury programmno-konfiguriruemoy seti, uchityvayushchej trebuemyj uroven' kachestva obsluzhivaniya v usloviyah raznorodnosti postupayushchego trafika. – Sistemy upravleniya i informacionnye tekhnologii, 2017. – № 2 (68). – S. 29-33.
14. Hu T. Celochislennoe programmirovaniye i potoki v setyah. – Moskva: Mir, 1974. – 520 s.
15. Frenk G., Frish I. Seti, svyaz' i potoki: perevod s angl. / pod red. D.A. Pospelova. – Moskva: Svyaz', 1978. – 448 s.
16. Amosov A.A., Dubinskij YU.A., Kopchenova N.V. Vychislitel'nye metody dlya inzhenerov. – Moskva: Vysshaya shkola, 1994. – 544 s.
17. Kuzyurin N.N., Fomin S.A., Effektivnye algoritmy i slozhnost' vychislenij. – Moskva: MFTI, 2007. – 313 s.

УДК 004.722.45

Г.А. ЕРМИШИН, А.С. КОСУХИН, С.А. МАТВЕЕВ, В.М. МИРОНОВ

ЭВОЛЮЦИЯ VSAT С ДИНАМИЧЕСКИМ РЕЖИМОМ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЧАСТОТНОГО РЕСУРСА

Статья посвящена анализу направлений развития VSAT-сетей в условиях жесткой конкуренции с наземными сетями связи. На основе анализа технологий распределения ресурса существующих систем-прототипов определены перспективные направления развития механизмов управления VSAT-сетью.

Ключевые слова: VSAT-сети; управление частотным ресурсом; многостанционный доступ.

В настоящее время спрос на системы спутниковой связи, поддерживающие режим один канал на несущую (Single Channel Per Carrier – SCPC), востребованные в течение ряда лет, начал падать. SCPC соединения традиционно использовались в качестве широкополосной замены TDMA (Time Division Multiple Access) – терминалов с режимом многостанционного доступа с временным разделением, однако, новые услуги, добавляемые в сервисы обслуживания, потребность большинства операторов в более выгодном распределении пропускной способности и повышении эффективности, в сочетании с необходимостью обработки более сложного IP-трафика и поддержки такой технологии, как QoS (качество услуги – Quality of Service) в системах TDMA, остановили рост SCPC в ведомственных спутниковых сетях.

Совокупность факторов, среди которых снижение цен на услуги связи, увеличение пропускной способности и охвата наземных сетей, широкое распространение IP-протокола как транспорта при предоставлении услуг определило необходимость более эффективного использования имеющихся ресурсов VSAT-сетей для сохранения конкурентоспособности спутниковой связи вообще.

Спутниковая линия связи в режиме SCPC обеспечивает лучшее качество обслуживания, поскольку спутниковый терминал имеет доступ к собственным частотам ретранслятора, выделенным специально для него. Это обуславливает более высокую стоимость SCPC-соединения в сравнении с другими технологиями и более низкую эффективность использования частотного ресурса, особенно в случае передачи IP-трафика.

В отличие от SCPC-линий, VSAT-сети с режимом TDMA являются сетями с общим разделяемым ресурсом. Развитие технологии временного разделения от детерминистического (D-TDMA), через многочастотный (MF-TDMA) до адаптивного (A-TDMA) режима позволило гарантировать пропускную способность для спутниковых терминалов.

С другой стороны, необходимость своевременно реагировать на потребность в пропускной способности привела к появлению динамического SCPC (dSCPC), который развился затем в технологию доступа к обратному каналу, и по эффективности использования полосы пропускания может составить конкуренцию перечисленным выше технологиям временного разделения. Складывается ситуация, сравнимая с периодом конкуренции технологий мультиплексирования каналов E1 DCME (Digital Circuit Multiplication Equipment – ITU-T Rec. G.768) и PCME (Packet Circuit Multiplication Equipment – ITU-T Rec. G.765). Используя разные подходы к уплотнению голосовых данных, они, тем не менее, обладали сопоставимой эффективностью.

Технология временного разделения доступа к обратному каналу привычна, существует множество решений производства iDirect, Hughes, Gilat, реализующих этот подход. Однако, необходимость жесткой синхронизации передачи терминалов, поддержки протоколов бесшовной передачи IP-пакетов являются причиной высокой стоимости этих решений. С другой стороны, системы динамического SCPC не нуждаются в строгой

синхронизации, кроме того, при определенных условиях в них можно интегрировать уже имеющееся оборудование, ранее использовавшееся для организации SCPC-линий связи. Сопоставимая эффективность использования частотного ресурса в совокупности с возможностью эволюционного развития имеющихся в распоряжении ведомств спутниковых решений при сравнительно невысокой цене делают решения с динамическим SCPC как минимум достойными рассмотрения для реализации спутниковых сетей с количеством абонентов в несколько десятков.

Среди вендоров, уделяющих внимание использованию динамического SCPC в своих системах, ведущее место занимает компания Newtec. Она разработала технологию Mx-DMA, позволяющую управлять распределением частот, кодированием, мощностью и символьной скоростью терминалов на основе их загруженности и установленных правил качества обслуживания.

Классическим производителем VSAT-технологий, реализующим режим с динамическим SCPC в обратном канале, является Comtech EF Data Corp., создавшая линейку систем Vipersat–AVS–Heights на основе модемов собственного производства. Топология сети Heights подразумевает от одного до нескольких сотен удаленных терминалов, управляемых с центральной станции при помощи системы управления NetVue IMS. Каждый обратный канал от терминала устанавливает скорость до 45 Мсимв/с. В прямом канале используется DVB-S2X-сигнал со скоростью до 150 Мсимв/с.

Обратный канал H-DNA (Heights Dynamic Network Access) гарантирует выделение пропускной способности абоненту, при этом позволяя эффективно передавать IP-трафик, изменяя параметры сигнала в зависимости от условий приема и учитывая интерактивный характер трафика. Система сетевого управления постоянно проводит мониторинг терминалов на предмет необходимости выделения дополнительной пропускной способности.

В сетях Heights используются непрерывные сигналы, что снижает требования по передаче дополнительного служебного трафика и упрощает синхронизацию.

В случае, когда требуется снизить задержки в канале связи, Heights предлагает использовать Mesh-соединения. С этой целью на оборудовании абонента устанавливаются дополнительные демодуляторы, предназначенные для приема SCPC-несущей от других терминалов.

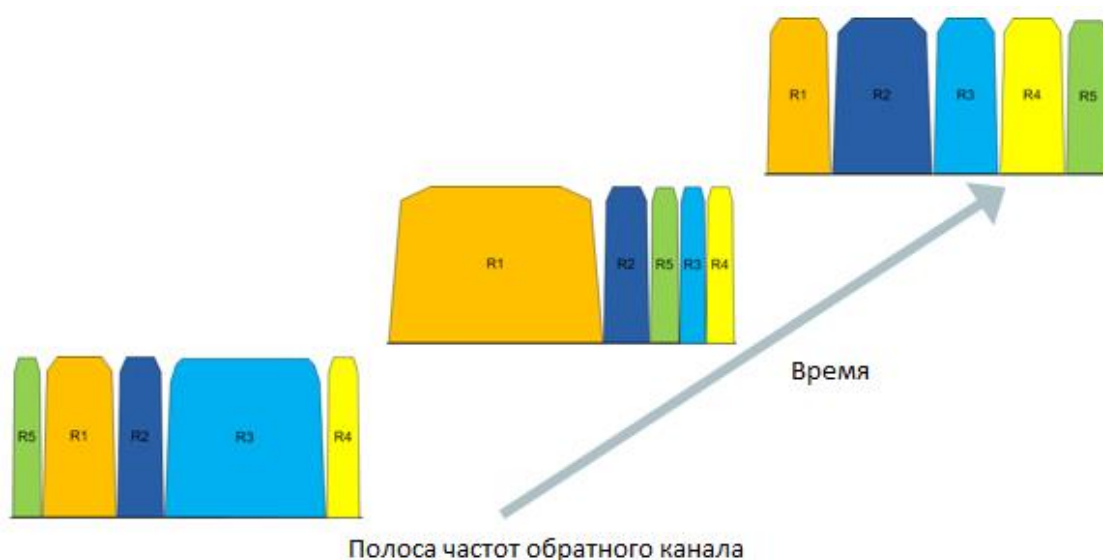


Рисунок 1 – Изменение скорости в H-DNA-канале

Система управления NetVue автоматически изменяет частотный план, скорость и характеристики H-DNA-канала для удовлетворения потребностей терминала. При снижении нагрузки на терминал система управления автоматически уменьшает выделяемую терминалу полосу.

Выделенная полоса частот может быть разделена между спутниковыми терминалами с предоставлением приоритетности голосовым и видео-приложениям.

Динамическое распределение пропускной способности используется во многих VSAT-сетях, построенных на основе SCPC. Технология H-DNA разработана с целью повышения эффективности использования выделенной пропускной способности. Оптимизируя распределение выделенного ресурса на основе анализа требуемой скорости и уровня мощности передачи, центральная станция формирует новый частотный план работы сети, требующий сдвига соседних несущих. H-DNA позволяет автоматически делать это, без привлечения операторов на обоих концах соединения.

Динамическое распределение пропускной способности достигается изменением модуляции, кодирования, пропускной способности обратного канала (рис. 1).

Основные принципы, присущие сетям с H-DNA обратным каналом:

- центральная станция должна учитывать изменения характеристик обратного канала при перераспределении пропускной способности;
- созданный обратный SCPC-канал является непрерывным, что снижает накладные расходы на служебную информацию при установлении соединения;
- не требуется система синхронизации терминалов;
- пакеты данных инкапсулируются в поток целиком, снижая объем служебной информации;
- коэффициент использования выделенного обратного канала близок к 100 %.
- параметры модуляции и кодирования могут быть подобраны для конкретного терминала, имеющего ограничения в антенной или приеме-передающей системе.

Еще одним производителем систем dSCPC является компания Paradise Datacom Q-NET, разработавшая технологию DynAMo™ (Dynamically Assigned Modulation – динамически назначаемая модуляция), которая автоматически распределяет полосу пропускания по требованию в ответ на изменение трафика сети. При этом, заявленный канал управления занимает менее 0,001 % от ресурса системы.

Q-NET DynAMo™ использует разнообразие методов распределения полосы пропускания и изменение распределения несущих является лишь одним из них. Особенность системы - использование двойных цифровых модуляторов для обеспечения непрерывной работы несущей, что означает, что удаленный терминал может выполнять различные действия с несущей, включающие назначение различных несущих без потери пакетов.

Для построения сети и управления ею используются 2 приложения – Q-NET™ Navigator и Q-NET™ Bandwidth Manager.

Q-NET™ Navigator позволяет управлять всеми модемами (и другими сетевыми устройствами) в системе через одно приложение. Он обеспечивает управление функциями модема и мультидемодулятора, используя навигационную карту сайта, которая также отображает состояние каждого модема.

Q-NET™ Bandwidth Manager обеспечивает планирование несущих и транспондеров, высокоуровневое управление системой, мониторинг, запись и отчетность по качеству обслуживания. Он работает на стандартном сетевом серверном оборудовании и осуществляет доступ через веб-браузер.

Компания Datum System также анонсировала систему M7, которая позволяет использовать DVB-S2X в канале центральной станции. В качестве системы управления используется MaxView NMS, разрабатываемая компанией DataPath. Управление реализовано с использованием протокола SNMP. Преимуществом этой системы управления является возможность ее доработки для управления оборудованием различных типов и производителей. Это позволяет расширять систему связи, менять ее состав и функционал, не будучи привязанным к одному вендору.

В общем случае, система управления VSAT-сетью с режимом dSCPC имеет целью оперативное управление узлами сети, оборудованием и услугами связи. Основными задачами системы управления являются:

- устойчивое, непрерывное и оперативное управление VSAT-сетью;
- рациональное использование выделенного частотного ресурса;
- обеспечение MESH-соединения абонентов сети;
- обеспечения соединения абонентов сети, находящихся в зоне покрытия разных спутников, а также кроссдиапазонного соединения;
- обеспечения качества услуг (QoS), предоставляемых абонентам [2];

На основе представленного анализа современного состояния систем спутниковой связи можно сделать вывод о целесообразности и перспективности использования существующих и разработки собственных решений с динамическим распределением частотного ресурса. Возрастающая конкуренция со стороны наземных сетей связи, увеличение требуемой полосы пропускания, снижение стоимости услуг и расширение их перечня определяют тенденцию к сокращению рынка спутниковой связи. Вполне очевидно, что направления исследований в данной области в ближайшее время будут продиктованы соображениями экономии на аренде частотно-энергетического ресурса и повторном использовании имеющегося оборудования.

Авторы считают подход, при котором система управления сетью не зависит от конкретного оборудования оправданным и перспективным, особенно в случаях, когда требуется интеграция старого парка спутниковых модемов в новую сеть с расширением функциональных возможностей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. The COMSYS VSAT Report, 14th Edition, COMSYS LLP. – PO Box 65749. – London. – № 13. – 9BW, England 2017.
2. Миронов В.М., Косухин А.С. Варианты подходов к разработке системы управления VSAT-сетью. – Информационные системы и технологии, 2016. – № 5(97). – Орел: ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева». – С. 112-119.

Ермишин Георгий Александрович

ФГКБОУ ВО Академия Федеральной службы охраны РФ, г. Орел
Кандидат технических наук, сотрудник

Косухин Александр Сергеевич

ФГКБОУ ВО Академия Федеральной службы охраны РФ, г. Орел
Сотрудник

Матвеев Сергей Александрович

В/ч 71330, г. Орел
Сотрудник

Миронов Вадим Михайлович

ФГКБОУ ВО Академия Федеральной службы охраны РФ, г. Орел
Кандидат технических наук, сотрудник
Тел.: 8 953 473 34 01
E-mail: vmironov@mail.ru

G.A. ERMISHIN (*Candidate of Engineering Sciences, Employee*)

A.S. KOSUXIN (*Employee*)

The Academy of Federal Security Guard Service of the Russian Federation, Orel

S.A. MATVEEV (*Employee*)
Military unit № 71330, Orel

V. M. MIRONOV (*Candidate of Engineering Sciences, Employee*)
The Academy of Federal Security Guard Service of the Russian Federation, Orel

EVOLUTION VSAT WITH FREQUENCY RESOURCE DYNAMIC ALLOCATION

The article is devoted to the analysis of the development directions of VSAT networks in the conditions of fierce competition with terrestrial communication networks. On the basis of analysis of technologies for resource allocation of existing prototype systems, perspective directions of development of VSAT-network management mechanisms are determined.

Keywords: *VSAT networks; frequency resource management; multiple access.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. The COMSYS VSAT Report, 14th Edition, COMSYS LLP. – PO Box 65749. – London. – № 13. – 9BW, England 2017.
2. Mironov V.M., Kosuhin A.S. Varianty podhodov k razrabotke sistemy upravleniya VSAT-set'yu. – *Informacionnye sistemy i tekhnologii*, 2016. – № 5(97). – Orel: FGBOU VO «Orlovskij gosudarstvennyj universitet imeni I.S. Turgeneva». – С. 112-119.

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

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

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

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

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

Помимо статьи авторы должны представить заключение о возможности открытого опубликования статьи.

ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ НАУЧНОЙ СТАТЬИ

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

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

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ НАУЧНОЙ СТАТЬИ

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

Обязательные элементы:

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

ТАБЛИЦЫ, РИСУНКИ, ФОРМУЛЫ

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

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

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

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

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