Научно-технический журнал

Информационные системы и технологии

№ 4 (96) июль-август 2016

Издается с 2002 года. Выходит 6 раз в год

Учредитель – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Государственный университет — учебно-научно-производственный комплекс» (Госуниверситет – УНПК)

Редакционный совет

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

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

Главный редактор

Константинов И.С.

Редколлегия

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

Сдано в набор 15.06.2016 г.
Подписано в печать 26.06.2016 г.
Дата выхода в свет 08.08.2016 г.
Формат 60x88 1/8.
Усл. печ. л. 7,5. Тираж 300 экз.
Цена свободная. Заказ № 133/16П2
Отпечатано с готового оригинал-макета на полиграфической базе ФГБОУ ВПО «Госуниверситет - УНПК» 302030, г. Орел, ул. Московская, 65

Подписной индекс 15998 по объединенному каталогу

«Пресса России»

Материалы статей печатаются в авторской редакции.

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

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

Рубрики номера

1. Математическое и компьютерное моделирование.....5-41
2. Информационные технологии в социально-экономических и организационно-технических системах 42-63
3. Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами.....64-78
4. Математическое и программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем.....79-88
5. Телекоммуникационные системы и компьютерные сети.....89-103
6. Информационная безопасность и защита информации.....104-120

Редакция

О.И. Константинова
А.А. Митин

Адрес издателя журнала

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

Адрес редакции

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

Зарег. в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.
Св-во о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-47350 от 03.11.2011 г.

©Госуниверситет – УНПК, 2016

Scientific and technical journal

Information Systems and Technologies

№ 4 (96) July-August 2016

The journal is published since 2002, leaves six times a year

The founder – State University – Education-Science-Production Complex

Editorial counsil

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

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

Editor-in-chief

Konstantinov I.S.

Editorial board

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

It is sent to the printer's on 15.06.2016,
26.06.2016 is put to bed
Format 60x88 1/8.
Convent. printer's sheets 7,5. Circulation 300 copies
The order №
It is printed from a ready dummy layout
on polygraphic base of State University – ESPC
302030, Orel, Moskovskaya street, 65

Index on the catalogue
***«Pressa Rossii»** 15998*

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

In this number

1. Mathematical and computer simulation….5-41
2. Information technologies in social and economic and organizational-technical systems……..42-63
3. Automation and control of technological processes and manufactures……64-78
4. Software of the computer facilities and the automated systems……79-88
5. Telecommunication systems and computer networks……89-103
6. Information and data security……104-120

The editors

Konstantinova O.I.
Mitin A.A.

The address of the founder of journal

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

The address of the editorial office

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

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

© State University – ESPC, 2016

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

А.Э. АХМЕДЖАНОВ, А.И. ЛОСКУТОВ
Модель процессов совместной обработки быстроменяющихся параметров в частотной области……..5-10

Д.С. БУХАРОВ
О бессеточном методе трассировки на основе физической аналогии……..11-19

А.В. МАСЛОБОЕВ, М.Г. ШИШАЕВ
Имитационное моделирование инновационной деятельности. Часть 1. Технология моделирования инноваций……20-27

К.Е. ПЕТРОВ
Метод симуляции двоичных случайных последовательностей с заданными статистическими свойствами…28-35

А.С. ТУГАРЕВ
Пример построения балансной рейтинг-системы……36-41

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ И ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Н.С. ЕЛЬЦОВА, В.Т. ЕРЕМЕНКО, А.В. КОСЬКИН, Д.С. МИШИН, Я.Д. МИШИН
Интерпретация моделей процессов получения и обработки информации в порталах органов исполнительной власти на основе операторных схем……..42-50

В.А. ЗУБАРЕВА, Р.А. ЛУНЕВ, А.Б. НЕЧАЕВА, И.И. ПЯТИН, Д.В. РЫЖЕНКОВ, А.А. СТЫЧУК, А.Е. ЯСТРЕБКОВ
Использование информационных технологий для решения проблем городского хозяйства…….51-57

Н.А. ОРЕШИН, А.Н. ОРЕШИН, В.С. ШУМИЛИН, П.В. ПАНЧУК
Оценка числа неизвестных в алгоритмах решения потоковых задач, используемых в автоматизированных системах управления связью……..58-63

АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ

В.А. ЛОБАНОВА, Н.И. ФОМИН
Моделирование и анализ характеристик качества готового продукта при первичной переработке нефти…..64-67

А.В. ЖИДКОВ, М.П. ЖИЛЬЦОВ, В.В. МИШИН, А.В. ТЮТЯКИН
Информационно-измерительная система для анализа и диагностики сигналов со сферических пар трения...68-78

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ

А.А. АРБУЗОВ, А.В. ЖУКОВ, Д.А. ПОЛОВИНКИН, С.В. ХОРОБРЫХ
Концепция клиент-серверного приложения для построения и мониторинга веломаршрутов……...79-88

ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ СЕТИ

В.Е. ДЕМЕНТЬЕВ
Методика оценки эффективности системы протокольной защиты информационно-телекоммуникационной сети……89-93

М.Ю. РЫТОВ
Метод оптимизации дополнительных технических возможностей алгоритмов обработки информации в среде портала органов исполнительной власти……94-103

ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ

В.Г. АБАШИН, Ю.С. КЛИМОВА
Модель аутентификации и идентификации пользователя по поведенческим особенностям клавиатурного почерка……104-111

П.В. МЕЛЬНИКОВ, Д.В. АНИСИМОВ
Проверка гарантий архитектуры программного обеспечения в процессе сертификационных испытаний (принципы построения диспетчера доступа)……112-120

CONTENT

MATHEMATICAL AND COMPUTER SIMULATION

A.E'. AXMEDZhANOV, A.I. LOSKUTOV
The process model of joint processing variable parameters in the frequency domain……5-10

D.S. BUXAROV
About meshless routing method based on physical analogy……11-19

A.V. MASLOBOEV, M.G. ShIShAEV
Modeling of innovation processes. Part I. Simulation technology of innovations……20-27

K.E. PETROV
Method of simulation of binary random sequences with desired statistical properties……28-35

A.S. TUGAREV
An example of the construction of balanced rating systems……36-41

INFORMATION TECHNOLOGIES IN SOCIAL AND ECONOMIC AND ORGANIZATIONAL-TECHNICAL SYSTEMS

N.S. EL'COVA, V.T. ERYoMENKO, A.V. KOS'KIN, D.S. MIShIN, Ya.D. MIShIN
Interpretation of the model process of obtaining and processing data in portals executive authorities on the basis of operator schemes……...42-50

V.A. ZUBAREVA, R.A. LUNYoV, A.B. NEChAEVA, I.I. PYaTIN, D.V. RY'ZhENKOV, A.A. STY'ChUK, A.E. YaSTREBKOV
Use of information technologies to solve problems municipal economy……51-57

A.O. ORESHIN, A.N. ORESHIN, V.S. ShUMILIN, P.V. PANChUK
Evaluation number of unknowns in the algorithm solving problems flow used in automated systems of communication……..58-63

AUTOMATION AND CONTROL OF TECHNOLOGICAL PROCESSES AND MANUFACTURES

V.A. LOBANOVA, N.I. FOMIN
Modeling and analysis of quality characteristics of the finished product after the primary refining……64-67

A.V. ZhIDKOV, M.P. ZhIL'COV, V.V. MIShIN, A.V. TYuTYaKIN
Information measuring system for analysis and diagnosis signal with a spherical friction pairs……68-78

SOFTWARE OF THE COMPUTER FACILITIES AND THE AUTOMATED SYSTEMS

A.A. ARBUZOV, A.V. ZhUKOV, D.A. POLOVINKIN, S.V. XOROBRY'X
Concept of the client-server application for building and monitoring of cycle routes……..79-88

TELECOMMUNICATION SYSTEMS AND COMPUTER NETWORKS

V.E. DEMENT'EV
The methodic for evaluating the effectiveness of the system of protocol protection of information and telecommunication network……..89-93

M.Yu. RY'TOV
Method for optimizing further the technical capabilities of the information processing algorithms in the environment of the portal of executive authorities……...94-103

INFORMATION AND DATA SECURITY

V.G. ABAShIN, Yu.S. KLIMOVA
Model of identification and authentication user by behavioral features keyboard handwriting……...111-114

P.V. MEL'NIKOV, D.V. ANISIMOV
Checking the warranties of architecture of software in the process of certification tests (principles of formation of access manager)……112-120

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

УДК 621.397.5

А.Э. АХМЕДЖАНОВ, А.И. ЛОСКУТОВ

МОДЕЛЬ ПРОЦЕССОВ СОВМЕСТНОЙ ОБРАБОТКИ БЫСТРОМЕНЯЮЩИХСЯ ПАРАМЕТРОВ В ЧАСТОТНОЙ ОБЛАСТИ

В статье рассматриваются вопросы частотного анализа на основе совместной обработки быстроменяющихся параметров. Представлена модель процессов совместной обработки быстроменяющихся параметров в частотной области, отличающаяся от существующих моделей тем, что учитывает случайное возмущение шумов, взаимную связь быстроменяющихся параметров в частотной области.

Ключевые слова: *быстроменяющиеся параметры; телеметрическая информация; совместная обработка; частотная область.*

ВВЕДЕНИЕ

Одна из основных и наиболее сложных задач в статистической теории связи состоит в разработке методов обработки регистрируемого сигнала, использование которых позволяет обеспечить высокую достоверность обработки и анализа телеметрической информации (ТМИ) в различных условиях непредсказуемости случайных воздействий [1]. Данная задача актуальна и для наземных приемно-регистрирующих станций ТМИ [2]. Исходя из того, что одним из основных задач обработки информации наземных приемно-регистрирующих станций является определение достоверного амплитудного спектра принимаемого сигнала, основным направлением решения данной задачи является разработка модели процессов совместной обработки в частотной области в условиях случайных воздействий на быстроменяющиеся параметры (БМП).

В процессе испытания телеметрируемых объектов производятся измерения большого числа БМП. К таким параметрам относятся вибрация конструкций корпуса, пульсации давления в камере сгорания двигателя, акустические и аэродинамические шумы, деформации корпуса и др. Они имеют, как правило, сравнительно широкий спектр, верхняя граница которого простирается до нескольких десятков килогерц. Наибольший практический интерес представляет частотная характеристика БМП. Именно эта характеристика является исходной для возможных доработок конструкции объекта. Таким образом, не всегда требуется знать параметры как функции времени, достаточно знать их спектральные характеристики. Это определяет специфику обработки БМП, в которой значительное место занимает спектральный анализ исследуемых процессов.

Для многих БМП, описывающих изменение определенных физических величин в пространстве и во времени в качестве моделей используется спектральный анализ на основе преобразования Фурье [3,4]. Методы решения подобных задач и исследований данного типа как аналитические, так и численные, широко применяются в научных исследованиях и инженерной практике. Вместе с тем, преобразование Фурье не учитывает характер взаимной связи БМП в частотной области, который зависит от состояния телеметрируемого объекта и от воздействий шумов.

Кроме того, при исследовании реальных БМП методами моделирования одним из важнейших этапов является формулировка модели, т.е. четкая постановка задачи достаточно адекватной исследуемому кругу обработки БМП.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Исходя из задач системы обработки и анализа ТМИ, решаемых в структуре измерительного комплекса космодрома, применение модели должно обеспечивать

достижение потенциально возможной достоверности обработки и анализа ТМИ за счет повышения точности обработки и получения дополнительной информации о состоянии телеметрируемого объекта. Таким образом, математическая постановка задачи по разработке научно-методического аппарата построения систем обработки и анализа ТМИ, функционирующих в условиях непредсказуемости случайных возмущений, например, при оценке результатов летно-конструкторских испытаний изделий ракетной техники, сводится к следующим положениям.

Дано:

1) Параметры аппаратуры обработки и анализа телеметрического сигнала от бортовой аппаратуры потребителю, представляемые следующим теоретико-множественным описанием

$$P = \{F, I, G, A1, A2, A3, x(t), y(t), z(t)\}, \quad (1)$$

где F – оператор преобразования Фурье;
I – оператор, который определяет интервал наблюдения БМП $t \in (\tau, \tau_и + \tau)$; G – оператор группировки БМП; $A1$ – алгоритм компенсации нестационарности БМП; $A2$ – алгоритм совместной обработки БМП и калибровочного сигнала; $A3$ – алгоритм совместной обработки взаимосвязанных БМП; $x(t)$, $y(t)$ – принимаемые БМП; $z(t)$ – принимаемый калибровочный сигнал; t – интервал наблюдения параметра, $t \in (\tau, \tau_и + \tau)$.

2) Накладываемые ограничения Δ:

– БМП должны быть взаимосвязаны, т.е функция рассогласования должна превышать заданное значение $D(f) > Dmax$;

– временные ряды БМП должны быть синхронизированы во времени ($t1=t2-\Delta t$).

Требуется определить алгоритм совместной обработки сигналов в аппаратуре обработки и анализа информации приемно-регистрирующей станции A, при использовании которого с учетом заданных исходных данных и накладываемых ограничениях Δ целевая функция достоверности обработки и анализа ТМИ $\varepsilon(t)$ стремится к максимальному значению

$$A(P \cap \Delta) \mid D(\varepsilon, \delta) \xrightarrow[\varepsilon, \delta \to 0]{} D^{\max}, \quad (2)$$

где ε – абсолютная погрешность измерения БМП; δ – относительная погрешность измерения БМП.

В соответствии с работой [1] под достоверностью обработки и анализа ТМИ в данной работе понимается информационный показатель, определяемый как вероятность того, что отражаемое обработкой значение параметра отличается от истинного значения этого параметра в пределах необходимой точности. Точность указывает степень приближения результата измерения к истинному значению. Чем меньше погрешность, тем больше точность. Таким образом, основным показателем, влияющим на достоверности обработки и анализа телеметрируемых параметров является точность результатов обработки, которая зависит от учета случайных возмущений при оценке результатов летно-конструкторских испытаний изделий ракетной техники.

В соответствии с поставленной задачей по разработке научно-методического аппарата построения систем обработки и анализа ТМИ рассмотрим модель процессов совместной обработки БМП.

МОДЕЛЬ ПРОЦЕССОВ СОВМЕСТНОЙ ОБРАБОТКИ БМП

Структурная схема, которая реализует модель процессов совместной обработки БМП в частотной области в условиях непредсказуемости случайных возмущений при оценке результатов летно-конструкторских испытаний изделий ракетной техники, представлена на рисунке 1.

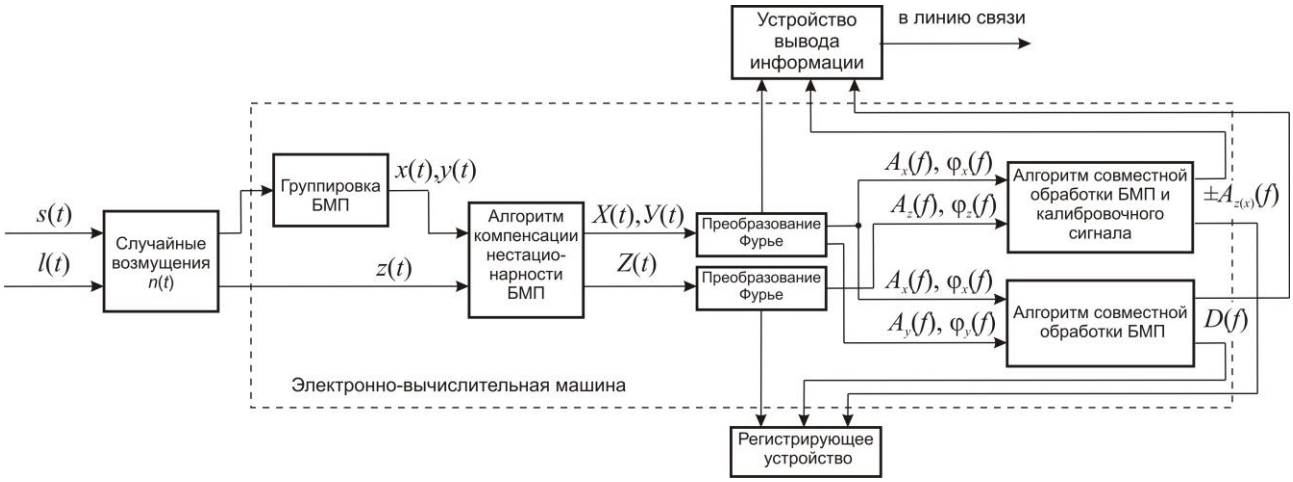


Рисунок 1 – Структурная схема модели

Данная модель позволит учесть нестационарность БМП относительно среднего значения, получить границу интервальных оценок зашумленности полезного сигнала в частотной области и частотное рассогласование, необходимые для эффективной обработки ТМИ. Модель строится на основе алгоритмов, реализующих механизм процессов с локальным частотным взаимодействием и компенсации нестационарности относительно среднего значения.

При формализации задачи по разработке научно-методического аппарата построения систем обработки и анализа ТМИ, функционирующих в условиях непредсказуемости случайных воздействий [5] на параметры принимаемого телеметрического радиосигнала, следует учесть нестационарность БМП и установить математические зависимости между БМП, а также калибровочным сигналом в частотной области. Подходом, способствующим установлению данных зависимостей, является формализованное описание модели процесса совместной обработки БМП.

Найдем границу интервальных оценок амплитудного спектра БМП. При приеме ТМИ калибровочный сигнал подвергается таким же искажениям, что и измерительный сигнал. В этом случае оценку степени искажения БМП можно провести на основе оценки искажения калибровочного сигнала с априорно известными характеристиками, данные которого поступают с телеметрируемого объекта одновременно с БМП. Таким образом, зная основные частотные параметры калибровочного сигнала и принимая во внимание, что все присутствующие в нем частотные составляющие принадлежат только модуляционным искажениям, появляется возможность провести совместную обработку БМП и калибровочного сигнала. Совместное рассмотрение с амплитудой и фазой частотных составляющих позволит определить ту долю погрешности, которую вносят модуляционные искажения в результаты частотного анализа быстроменяющегося параметра.

Для получения границ интервальных оценок необходимо получить значения амплитуд и фаз БМП $x(t)$ и калибровочного сигнала $z(t)$. Амплитуда калибровочного сигнала $A_z(f)$ на анализируемой частоте f определяется согласно выражению

$$A_z(f) = \sqrt{\left[\mathrm{Re}(A_z(f))\right]^2 + \left[\mathrm{Im}(A_z(f))\right]^2}\ . \qquad (3)$$

Наличие мнимой составляющей $\mathrm{Im}(A_z(f))$ объясняется тем, что на анализируемом интервале времени происходит перераспределение энергии между частотными составляющими спектра сигнала $z(t)$. Фазовый угол сдвига $\beta(t)$ амплитуды $A_z(f)$ относительно амплитуды $\mathrm{Re}(A_z(f))$ определяется согласно выражению

$$\beta(f) = arctg\,\frac{\mathrm{Im}(A_z(f))}{\mathrm{Re}(A_z(f))}\ . \qquad (4)$$

Величина проекции амплитуды $A_z(f)$ на амплитуду $A_x(f)$ определяется согласно выражению

$$A_{z(x)}(f) = A_z(f)\cos\left[\beta(f) - \varphi(f)\right]. \quad (5)$$

Результат вычисления $A_{z(x)}(f)$ определяет границу двухсторонних интервальных оценок зашумленности относительно амплитудного спектра БМП. Информация о зашумленности БМП в частотной области заключена в верхних и нижних границах интервальных оценок, причем обе границы равноценны. Поэтому целесообразно использовать только односторонние интервальные оценки, например, верхнюю границу (рис. 2). В этом случае значение амплитудного спектра БМП может быть дополнено верхней границей интервальных оценок $A_{x_гр}(f)$ в соответствии с выражением

$$A_{x_гр}(f) = A_x(f) + A_{z(x)}(f). \quad (6)$$

Граница интервальных оценок в данном случае позволит оценить степень зашумленности БМП на анализируемых частотах.

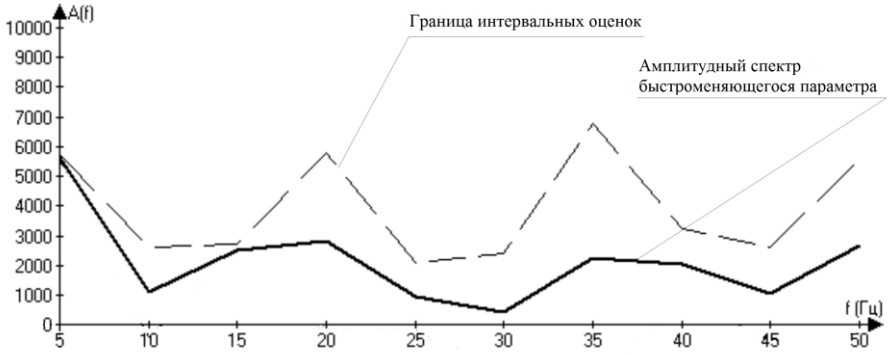


Рисунок 2 – Амплитудный спектр БМП с верхней границей интервальных оценок

Найдем функцию рассогласования БМП, определяющей характер взаимной связи в частотной области. Для совместной обработки взаимосвязанных БМП необходимо определить значение проекции амплитуды $A_y(f)$ одного параметра на амплитуду $A_x(f)$ другого параметра согласно выражения:

$$A_{y(x)}(f) = \left|A_y(f)\cos(\beta(f) - \varphi(f))\right|. \quad (7)$$

Функция рассогласования (рис. 3) БМП ТМИ определяется согласно выражению:

$$D(f) = \left|A_x(f) - A_{y(x)}(f)\right|, \quad (8)$$

где Ax(f) – значение амплитуд параметра x(t); Ay(x)(f) – значение проекции параметра y(t) на параметр x(t).

Превышение порогового уровня функцией рассогласования свидетельствует о нарушении технического состояния изделия ракетной техники. В этом случае, учет характера взаимной связи в частотной области в модели осуществляется на основе функции рассогласования, которая зависит от технического состояния телеметрируемого объекта.

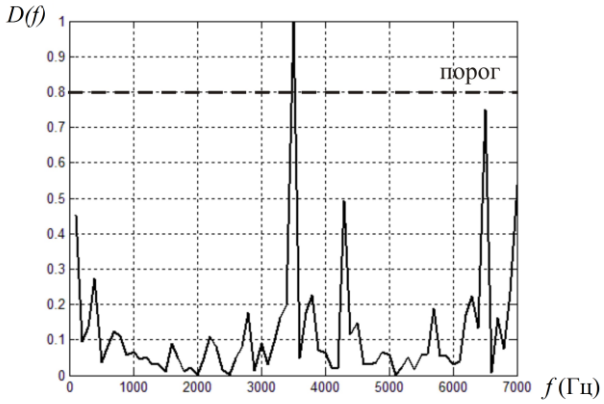


Рисунок 3 – Функция рассогласования БМП ТМИ

Результаты исследований [6] показывают, что среднее значение БМП в преобразовании Фурье не является постоянной величиной, а имеет определенный тренд (низкочастотную составляющую), который влияет на точность вычисления амплитудного спектра. Учет тренда позволит повысить точность телеизмерения в зависимости от условий непредсказуемости случайных возмущений при оценке результатов летно-конструкторских испытаний изделий ракетной техники.

Для учета тренда используем алгоритм компенсации нестационарности БМП, который реализуется на основе преобразования Фурье в виде выражения:

$$X(t) = \sum_{k=1}^{\infty} \{h_k(t) + [a_k \cos(t) + b_k \sin(t)]\} \qquad (9)$$

где $h_k(t)$ – тренд в среднем k-той частотной составляющей БМП $x(t)$.

Полученное выражение (9) отличается от классического преобразования Фурье только тем, что тренд в среднем $h_k(t)$ вносится под знак суммы и учитывает нестационарность БМП относительно среднего значения ТМИ.

Реализация полученных результатов позволяет повысить достоверность обработки ТМИ в условиях случайных возмущений в составе приемно-регистрирующей станции при летно-конструкторских испытаниях изделий ракетной техники.

Таким образом, недостаточность применения преобразования Фурье, которая выражается отсутствием учета характера взаимной связи БМП в частотной области, устраняется на основе получения функции частотного рассогласования параметров.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье предложена модель процессов совместной обработки БМП в частотной области, отличающаяся от существующих моделей тем, что учитывает случайное возмущение шумов, взаимную связь БМП в частотной области при оценке результатов летно-конструкторских испытаний изделий ракетной техники. Учет случайных возмущений позволит повысить достоверность обработки и анализа БМП.

С помощью данной модели можно разработать программное обеспечение для оценки точности телеизмерений на основе интервальных оценок зашумленности БМП.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мельников Ю.Н. Достоверность информации в сложных системах. – М.: «Советское радио», 1973. – 216 с.
2. Белицкий В.И., Зверев В.И. Телеметрия. – СПб: МО СССР, 1984. – 465 с.

3. Кей С.М., Марпл С.Л. Современные методы спектрального анализа. Обзор. – ТИИЭР, 1981. – № 11. – С. 167-220.
4. Харкевич А.А. Спектры и анализ. – 4-е изд. – М.: Государственное издательство физико-математической литературы, 1962. – 236 с.
5. Романенко А.Ф., Сергеев Г.А. Вопросы прикладного анализа случайных процессов. – М.: «Советское радио», 1968. – 256 с.
6. Лоскутов А.И., Ахмеджанов А.Э. Корреляционная обработка быстроменяющихся параметров в спектральной области // Сборник докладов XIV Всероссийская НПК, филиал ВКА им. А.Ф. Можайского (г. Ярославль), 2013. – С. 115-118.

Ахмеджанов Александр Эркинович
Ярославский филиал ФГКВОУ ВПО «Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского» «Ярославское высшее военное училище противовоздушной обороны», г. Ярославль
Соискатель кафедры радиотехнических систем
Тел.: 8 961 153 93 96
E-mail: akhmed.aleksandr@mail.ru

Лоскутов Андрей Иванович
ФГКВОУ ВПО «Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского», г. Санкт-Петербург
Доктор технических наук, начальник кафедры телеметрических систем и комплексной обработки информации
Тел.: 8 904 551 24 91
E-mail: rujenz@mail.ru

A.E'. AXMEDZhANOV *(Applicant of the Department of Radio Engineering Systems)*
Yaroslavl Higher Military School of Air Defense, Yaroslavl

A.I. LOSKUTOV *(Doctor of Engineering Sciences,*
Head of the Department of Telemetry Systems and Complex Information Processing)
Mozhaisky Military Space Academy, Saint-Petersburg

THE PROCESS MODEL OF JOINT PROCESSING VARIABLE PARAMETERS IN THE FREQUENCY DOMAIN

In the article the questions of frequency analysis based on the joint processing of the variable parameters. Presents the process model of joint processing variable parameters in the frequency domain that is different from existing models that takes into account the random disturbance noise, the interrelation of variable parameters in the frequency domain.

Keywords: *rapidly varying parameters; telemetry information; joint processing; frequency domain.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Mel'nikov Yu.N. Dostovernost' informacii v slozhny'x sistemax. – M.: «Sovetskoe radio», 1973. – 216 s.
2. Belickij V.I., Zverev V.I. Telemetriya. – SPb: MO SSSR, 1984. – 465 s.
3. Kej S.M., Marpl S.L. Sovremenny'e metody' spektral'nogo analiza. Obzor. – TIIE'R, 1981. – № 11. – S. 167-220.
4. Xarkevich A.A. Spektry' i analiz. – 4-e izd. – M.: Gosudarstvennoe izdatel'stvo fiziko-matematicheskoj literatury', 1962. – 236 s.
5. Romanenko A.F., Sergeev G.A. Voprosy' prikladnogo analiza sluchajny'x processov. – M.: «Sovetskoe radio», 1968. – 256 s.
6. Loskutov A.I., Axmedzhanov A.E'. Korrelyacionnaya obrabotka by'stromenyayushhixsya parametrov v spektral'noj oblasti // Sbornik dokladov XIV Vserossijskaya NPK, filial VKA im. A.F. Mozhajskogo (g. Yaroslavl'), 2013. – S. 115-118.

УДК 004.021

Д.С. БУХАРОВ

О БЕССЕТОЧНОМ МЕТОДЕ ТРАССИРОВКИ НА ОСНОВЕ ФИЗИЧЕСКОЙ АНАЛОГИИ

В работе описан метод трассировки, основанный на комбинации принципов Ферма и Гюйгенса. Объединение данных принципов в единый алгоритм позволяет имитировать распространение «света» в заданной оптической среде. Отражены особенности предлагаемого метода трассировки. Выполнен вычислительный эксперимент на модельных задачах.

Ключевые слова: *численный метод; трассировка; физическая аналогия; множество вторичных источников; бессеточный метод.*

ВВЕДЕНИЕ

Существование современного общества невозможно представить без таких привычных благ, как системы коммуникаций (трубопроводов, линий электропередачи, телекоммуникационных каналов) [1], развитая сеть дорог (автомагистралей и железнодорожных путей), грузо- и пассажироперевозки [2], основное назначение которых – удовлетворение потребностей общества.

Для развития систем коммуникаций необходимо затрачивать значительное количество материальных и финансовых ресурсов, минимизация которых является неотъемлемой составляющей при проектировании как новых систем, так и модернизации существующих. Таким образом, возникает необходимость определения таких маршрутов прокладки коммуникаций, которые позволили бы учесть накладываемые в рамках решаемой задачи трассировки ограничения.

Как правило, для решения задачи трассировки используются сеточные методы, применение которых осложнено рядом особенностей: потеря данных при дискретизации (отождествление места расположения некоторого объекта на топографической карте с узлом сетки) [3]; проведение предварительных работ достаточно большого объема необходимых для обеспечения наиболее полного учета естественных условий задач (ландшафт, размер населенных пунктов, наличие различного рода преград на местности); проблематичность учета необходимой вертикальной и/или горизонтальной кривизны маршрута в условиях горного рельефа [4].

Наиболее известными алгоритмами трассировки являются алгоритм Дейкстры и волновой алгоритм Ли.

Трассировка волновым алгоритмом Ли выполняется на прямоугольной сетке, каждому узлу сетки присваивается номер шага (условное расстояние) от начальной точки. Также узел может обозначать некоторый непроходимый барьер (например, некоторое строение или участок ранее проложенного маршрута на печатной плате [5]). Достоинство волнового алгоритма – определение маршрута на плоскости и в городской дорожной сети при условии однотипного покрытия дорог и пропускной способности. Недостаток – неспособность метода адекватно решать задачу на местности с неоднородным рельефом [6].

Алгоритм Дейкстры позволяет прокладывать маршрут на графе, в котором ребра характеризуют собой некоторый участок пути с заданным расстоянием. На каждом шаге решения задачи алгоритм определяет множество вершин графа (например, места расположения перекрестков, населенных пунктов), до которых суммарное расстояние ребер минимально [7, 8]. Достоинство алгоритма – гарантированное нахождение оптимального маршрута [9]. Главный недостаток методов решения задачи трассировки на заданной сети – необходимость перестройки графа при изменении начальных данных.

Настоящая работа посвящена бессеточному методу трассировки, основанному на оптико-геометрической аналогии (комбинации принципов Ферма и Гюйгенса), суть которой заключается в распространении «света» в заданной оптической среде.

Рассмотрим взаимосвязь принципов Ферма и Гюйгенса [10, 11]. «Луч света», исходящий из начальной точки (некоторого источника света), достигает конечной точки, двигаясь по такому маршруту, на преодоление которого затрачивается минимум времени (принцип Ферма). Каждая точка, которой достигает свет, становится самостоятельным вторичным источником света (принцип Гюйгенса). Учитывая данные особенности распространения света, можно построить траекторию движения луча, создавая вторичные источники (далее – ВИ), и зафиксировать момент времени, в который он достигнет конечной точки. Далее, двигаясь в обратном направлении от одного ВИ к другому, можно восстановить траекторию движения луча, которая и будет искомым маршрутом.

Применение бессеточного метода позволяет: применить этот метод без предварительных работ после изменении начальных данных (например, детализации топографической информации); учесть необходимую кривизну искомого маршрута, наложив ограничения на длину шага участка и направление построения искомого пути, а также перепад высот на местности; увеличить или уменьшить точность получаемого решения за счет уменьшения шага построения в самом методе без изменения сетки данных.

РАНЕЕ РАЗРАБОТАННЫЕ МЕТОДЫ, ОСНОВАННЫЕ НА АНАЛОГИИ С РАСПРОСТРАНЕНИЕМ СВЕТА

1. В работе [12] метод трассировки применяется для решения задачи безопасности на охраняемом объекте, например, вычисляются такие маршруты передвижения охраны, которые позволили бы повысить эффективность обнаружения и дальнейшую поимку злоумышленника на охраняемом объекте. В качестве основы алгоритма используется оптико-геометрическая аналогия, маршрут строится в системе полярных координат. Такая реализация метода позволяет увеличить скорость получения решения, при этом возможно нахождение только одного маршрута за один цикл работы метода.

2. В работах [13, 14] представлен метод «стрельбы», суть которого заключается в выпуске совокупности лучей из заданного источника, преломление которых происходит в предварительно заданных точках или линиях. Данный алгоритм обладает высокой скоростью построения маршрута, но не способен учесть кривизну пути и ландшафтную составляющую.

3. В работах [15, 16] представлена сеточная реализация, в которой распространение света выполняется с фиксированным шагом по расстоянию, что позволяет выполнять вычисления с достаточно высокой скоростью. При этом точность построения фронта волны напрямую зависит от детализации сетки (оптической среды).

4. В работах [4, 17] представлена реализация метода, позволяющая учесть не только топографические особенности, но и кривизну искомого маршрута. Построение пути с требуемой кривизной выполняется динамически на этапе восстановления маршрута. Динамическая корректировка маршрута в некоторых случаях приводит к снижению точности решения, а также существенно замедляет нахождение маршрута.

Методы, указанные в пунктах 1-3, не позволяют решать задачу трассировки при ограничении на кривизну маршрута. Метод с динамической корректировкой маршрута (п. 4) обладает меньшей точностью решения, увеличение которой требует уменьшений шага построения сетки, что в прикладных задачах приводит к выполнению значительного количества трудоемких операций.

Для возможности учета ограничения кривизны и снижения трудоемкости изменения точности решения автором предлагается бессеточный метод трассировки, описание которого представлено ниже.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ТРАССИРОВКИ

Пусть задана оптическая среда D, где для каждой точки $(x, y) \in D$ определен коэффициент проницаемости $0 \le f(x, y) \le 1$. Заданы точки A и B, характеризующие собой начальную и конечную точки искомого маршрута. Задано количество направлений распространения света n (направлений построения участков маршрута). Значение $f(x, y)$ непосредственно влияет на расстояние $\Delta s = f(x, y)\Delta t$, преодолеваемое светом в единицу времени Δt: чем больше значение $f(x, y)$, тем большее расстояние будет пройдено светом.

Необходимо определить кратчайший по времени преодоления маршрут.

Будем считать маршрут найденным, если световая волна достигнет ε-окрестности точки B, т.е. конец вектора-луча (вторичный источник) окажется внутри ε-окрестности, при этом $\varepsilon = \Delta s/2$.

Отметим немаловажную особенность: в практических задачах часто фигурирует ограничение на кривизну маршрута, реализованное через вычисление необходимого шага Δt и количества направлений n.

ОПИСАНИЕ БЕССЕТОЧНОГО МЕТОДА ТРАССИРОВКИ

Нахождение маршрута выполняется в два этапа: первый этап – построение множеств ВИ, второй – восстановление маршрута.

Этап первый (построение множеств ВИ):

1. Первая итерация построения ВИ (определение координат концов векторов, отложенных из начальной точки A) выполняется в n направлениях, при этом угол между векторами равен $\alpha = 360^\circ / n$.

2. Если ВИ оказался в некоторой точке $(x, y) \in D$, в которой $f(x, y) = 0$ (непроходимая для света область), то этот ВИ исключается из множества и не участвует в следующей итерации вычисления. В противном случае переходим к шагу № 3.

3. Запоминается найденное множество вторичных источников (i-ая итерация построения) и связь с источниками из множества, полученного на итерации $i-1$.

4. Если хотя бы один ВИ оказался внутри ε-окрестности конечной точки B, то эти ВИ запоминаются и дальнейшие итерации построения множеств ВИ не выполняются. В противном случае переходим к шагу №5.

5. Выполняется новая итерация построения ВИ: каждый вектор откладывается либо в том же направлении (без отклонения от заданного направления), либо со смещением на допустимый угол α. Далее переходим к шагу № 2.

Поскольку на первом этапе для каждого ВИ на итерации i запоминался источник из множества, полученного на итерации $i-1$, то можно восстановить маршрут, начиная построение его участков с i-ой итерации до первой.

Этап второй (восстановление маршрута):

1. Выбирается ВИ из i-ого множества, принадлежащего ε-окрестности точки B, и запоминается как конец вектора. Обозначим данный ВИ как C_i.

2. Если $i > 1$, то переходим к шагу № 3. В противном случае выполняется построение отрезка $C_i A$, дальнейшие итерации не выполняются. Маршрут построен.

3. Из $(i-1)$-ого множества выбирается ВИ, который на первом этапе являлся началом вектора. Обозначим данный ВИ как C_{i-1}.

4. Выполняется построение отрезка маршрута $C_{i-1}C_i$.

5. ВИ C_i принимается равным C_{i-1} и запоминается как конец вектора. Значение i принимается равным $i-1$. Далее переходим к шагу № 2.

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ

На рисунке 1 представлен пример построения множества ВИ, цифрами обозначены номера итераций и отображены точки размещения ВИ. На первой итерации свет распространяется в 10 направлениях, следующие итерации выполняются либо в том же направлении, либо с допустимым отклонением на 36 градусов, $\Delta t = 20$, $f(x, y) = const$ на всей области D. Поскольку направлений всего $n = 10$, облако точек на рисунке 1 обретает форму правильного десятиугольника.

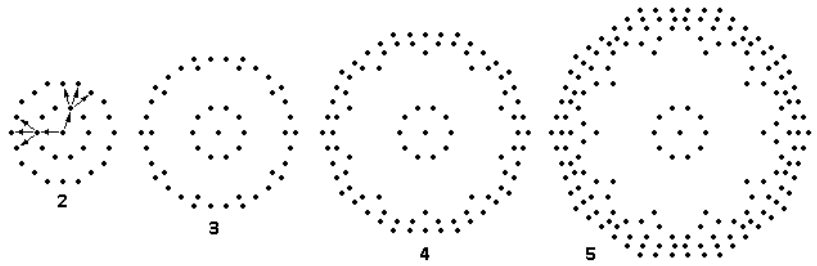


Рисунок 1 – Пример построения множества ВИ

Рассмотрим работу алгоритма на примере решения модельной задачи.

Пусть задана ограниченная область $D = \{0 \le x \le 450; 0 \le y \le -400\}$ с проницаемостью среды $f(x, y) = 1$ и непроходимых для света барьеры $\{150 \le x \le 450; -250 \le y \le -300\}$, $\{0 \le x \le 350; -100 \le y \le -150\}$, для которых проницаемость $f(x, y) = 0$ (на рисунке 2 отмечены серым цветом). Заданы точки $A(350; -350)$ и $B(300; -20)$, характеризующие собой начальную и конечную точки искомого маршрута. Шаг $\Delta t = 40$, направлений распространения света $n = 16$, $\alpha = 22,5$.

На рисунке 2 представлены множества ВИ на различных итерациях.

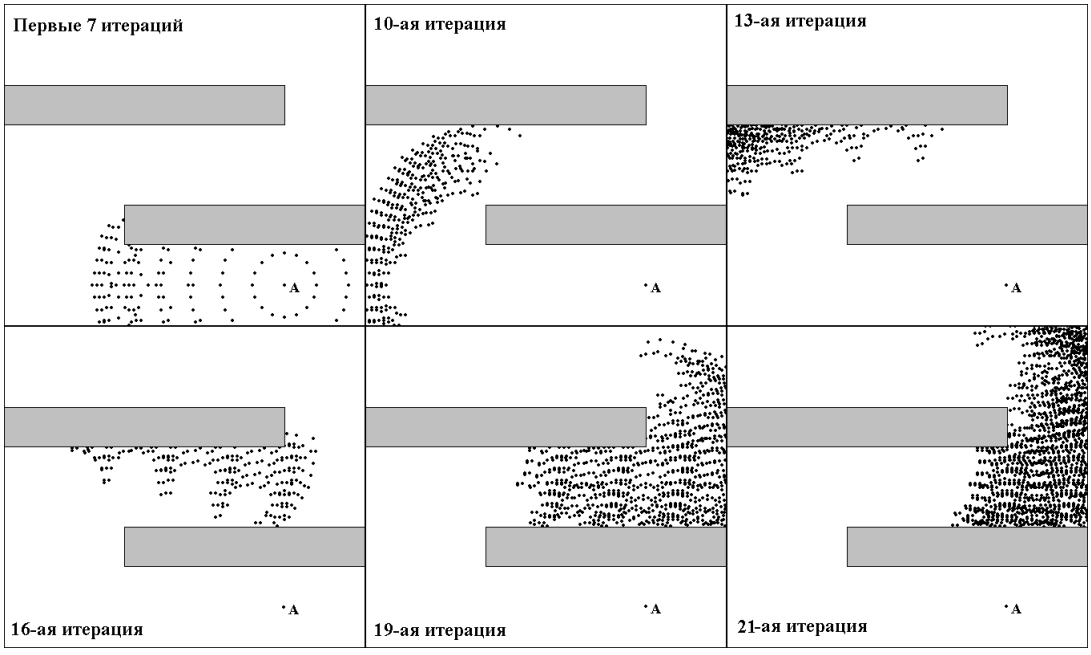


Рисунок 2 – Множества ВИ на различных итерациях

На рисунке 3 представлено решение задачи: найдено два маршрута, удовлетворяющих начальным условиям.

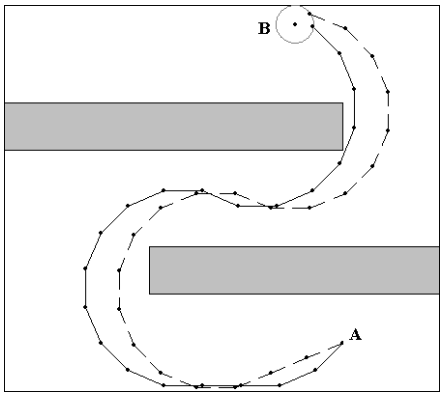


Рисунок 3 – Решение задачи

Решение поставленной задачи найдено на 21-ой итерации за время менее одной секунды, каждый маршрут состоит из 21-ого отрезка, суммарной длиной 840 условных единиц. На протяжении всего маршрута не зафиксировано ни одного отрезка пути с отклонением от предыдущего направления более чем на 22,5 градуса. Всего за время работы алгоритма создано 204584 ВИ, из них на 21-ой итерации – 88927 ВИ. На решение задачи затрачено 0,3 секунды.

Для сравнения: решение поставленной задачи при шаге $\Delta t = 30$ завершено на 22-ой итерации. На решение задачи затрачено около трех минут. Всего за время работы алгоритма создано $2*10^7$ ВИ, из них на 22-ой итерации – $1{,}18*10^7$ ВИ. Уменьшение шага Δt привело к увеличению времени вычисления в 600 раз. Как видно из решения модельной задачи основной недостаток исследуемого метода трассировки заключается в существенных временных затратах при построении множества ВИ, что напрямую связано с геометрическим ростом количества ВИ на каждой итерации вычисления.

Сравним найденное решение с решением, построенным методом с динамической корректировкой маршрута [4, 17]. Пусть все также задана ограниченная область D и непроходимые барьеры, описанные выше, координаты начальной и конечной точки те же. Каждый конец участка строящегося маршрута отождествляется с точкой прямоугольной сетки, построенной с шагом 5 условных единиц (найти решение с шагом сетки равным 10 не удалось). Отождествление позволяет существенно уменьшить количество данных и соответственно снизить затраты на вычислительные ресурсы, при этом снижается точность решения.

На рисунке 4 сведены решения задач: тонкими линиями (сплошной и пунктирной) представлены ранее найденные решения (рис. 3); жирной линией отмечен маршрут, построенный методом с динамической корректировкой маршрута.

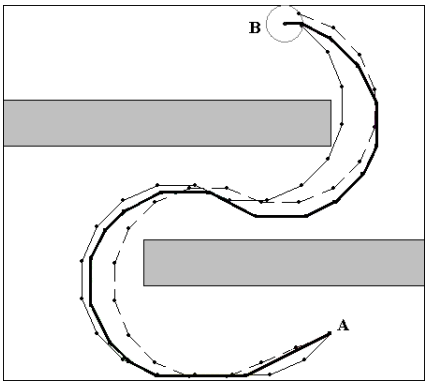


Рисунок 4 – Решение задачи методом с динамической корректировкой маршрута

Поскольку выполняется отождествление точек с заданной сеткой, из рисунка 4 можно увидеть, что маршрут заканчивается не в заданной ε-окрестности, а в точке B.

Протяженность построенного маршрута составляет 1080,7 условных единиц. На решение задачи затрачено 34,5 секунды.

ОСОБЕННОСТИ БЕССЕТОЧНОГО МЕТОДА ТРАССИРОВКИ

Рост мощности множества ВИ вследствие дублирования. Для примера выполним построение множеств ВИ в 16 направлениях без ограничения на угол отклонения от предыдущего направления распространения света, $f(x, y) = const$.

На рисунке 5 представлены множества ВИ, образующиеся на определенной итерации вычисления, при этом отображены ВИ одной итерации (обозначенные цифрами) без наложения множеств друг на друга.

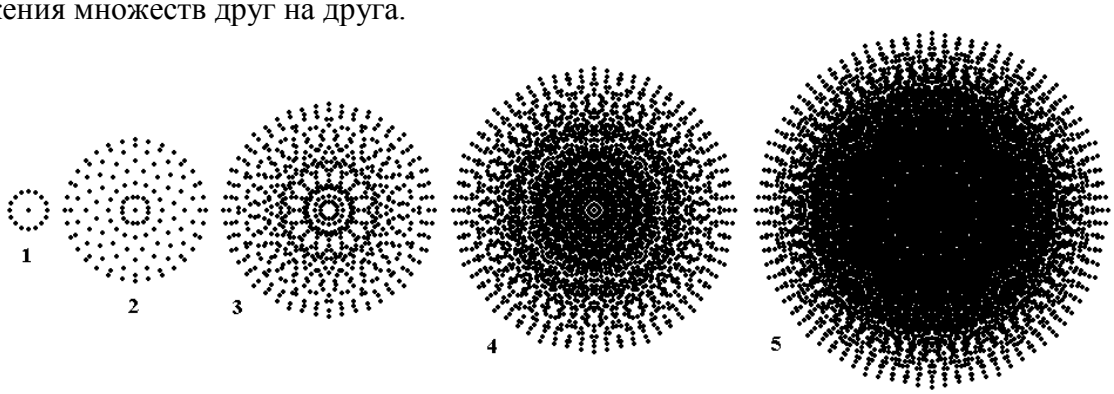


Рисунок 5 – Построение множеств ВИ при $n = 16$

Поскольку вычисление ВИ допустимо во всех 16 направлениях, то на каждой итерации мы будем получать «дубли» ранее вычисленных ВИ (точки с одной и той же координатой), что приводит к чрезмерным вычислительным затратам и не способствует нахождению решения.

На рисунке 6 представлен пример решения задачи без ограничения на угол отклонения: построены маршруты, ВИ которых на пятой итерации легли внутри ε-окрестности конечной точки. Из рисунка 6 видно, что третий маршрут построен с наложением ВИ друг на друга и отображены всего четыре участка построенного пути.

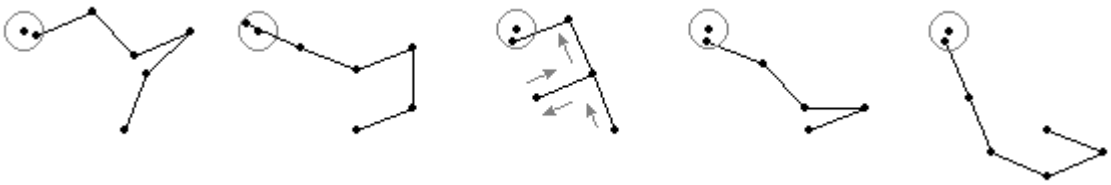


Рисунок 6 – Примеры решение задачи трассировки

На рисунке 7 представлены множества ВИ, полученные с учетом ограничения на угол отклонения ($\alpha = 22,5$).

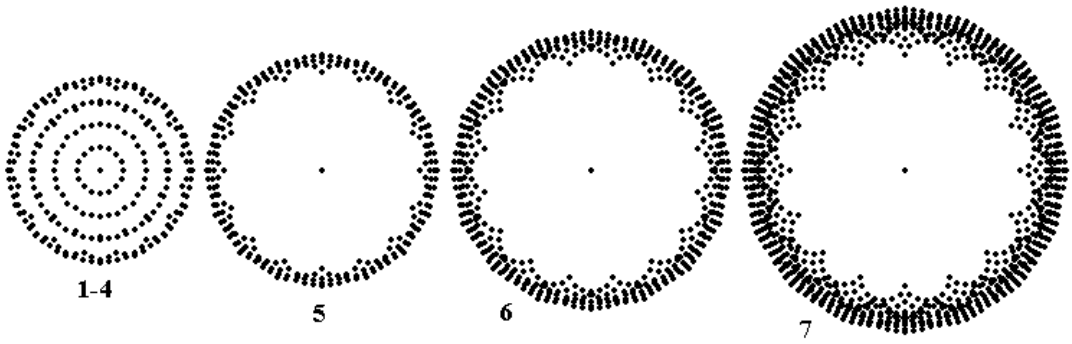


Рисунок 7 – Построение множества ВИ при ограничении на угол отклонения

После ввода ограничения на угол отклонения скорость роста мощности множеств ВИ замедляется (табл. 1) и исключается дублирование ВИ, что позволяет исключить зацикливания в вычислениях и снизить вычислительные затраты.

Таблица 1 – Мощность множеств ВИ на различных итерациях

Итерация	1	2	3	4	5
Мощность множества ВИ без ограничения на угол отклонения	16	256	4096	65536	1048576
Мощность множества ВИ с ограничением на угол отклонения	16	48	144	432	1296

Плотность ВИ на линии фронта волны. Как видно из рисунков 5 и 7, фронт волны не является сплошной линией. Между ВИ образуется зазор, размер которого зависит от количества направлений распространения света n и выбранного шага по времени Δt.

Из рисунка 8 видно, что при уменьшении шага Δt со значения 40 до 15 увеличивается плотность точек и уменьшается зазор между вторичными источниками, $n = 16$.

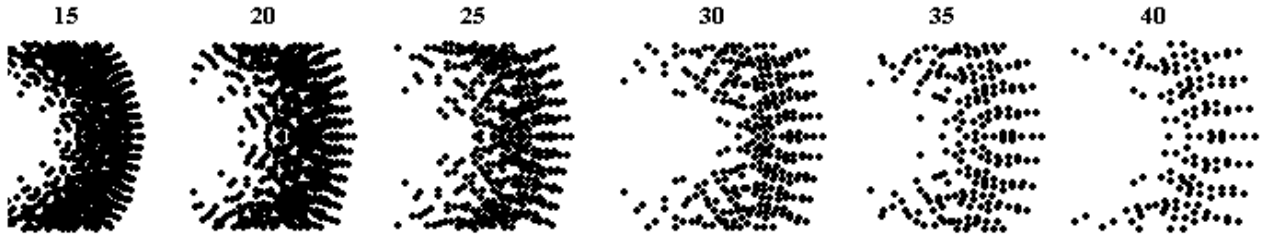


Рисунок 8 – Плотность точек при изменении шага Δt

Из рисунка 9 видно, что при увеличении числа направлений распространения света с 8 до 20 увеличивается плотность точек и уменьшается зазор между ВИ, $\Delta t = 20$.

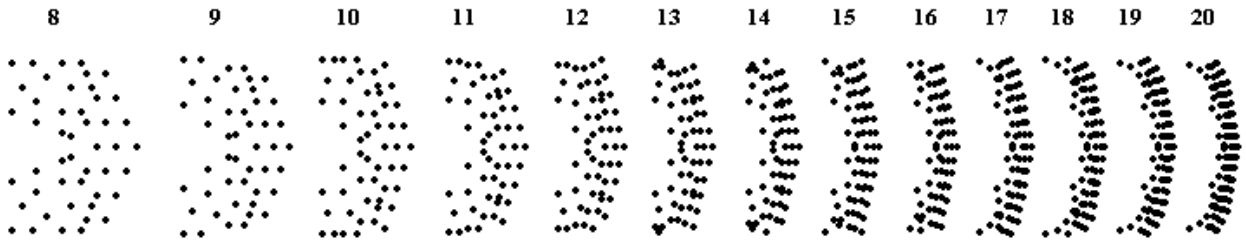


Рисунок 9 – Плотность точек при изменении числа направлений распространения света

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Вычисление множеств ВИ и фиксация взаимосвязи источников из множеств, полученных на различных итерациях построения световой волны, – основа предложенного в настоящей работе метода трассировки. Взаимосвязь между ВИ позволяет определить допустимое направление дальнейшего распространения света и восстановить искомый маршрут. Изменение значения шага Δt, числа направлений распространения света n и допустимого угла отклонения α позволяет построить маршрут с требуемой точностью.

Вычислительный эксперимент показал, что основной проблемой при использовании метода трассировки, основанного на аналогии с распространением света, является достаточно большое время решения задачи, напрямую связанное с геометрическим ростом количества ВИ на каждой итерации вычисления. Кроме того, к увеличению времени расчетов приводит уменьшение шага Δt или увеличение числа направлений распространения света n.

Одним из наиболее привлекательных способов решения проблемы роста времени вычисления маршрута видится применение многопоточных вычислений. При этом реализация параллельных вычислений необходимо будет выполнять на уровне данных: каждый созданный поток реализует один и тот же алгоритм, но при этом обрабатывает свою «порцию» ВИ на каждой итерации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузнецов Р.Н., Горских А.А., Глазкова С.Ю. Выбор оптимальных трасс прокладки инженерных сетей с наименьшей стоимостью // Современная техника и технологии, 2014. – № 8(36). – С. 27-29.
2. Палагин Ю.И., Третьякова И.А. Оптимальное планирование маршрутов доставки грузов в цепи поставщик–потребитель // Транспорт: наука, техника, управление, 2015. – № 8. – С. 22-26.
3. Kazakov A.L., Lempert A.A., Buxarov D.S. On segmenting logistical zones for servicing continuously developed consumers // Automation and Remote Control, 2013. – Volume 74. – Issue 6. – P. 968-977.
4. Журавская М.А. и др. О методе решения задачи оптимальной прокладки высокоскоростных железнодорожных магистралей с учетом региональных особенностей / М.А. Журавская, А.Л. Казаков, А.А. Лемперт, Д.С. Бухаров // Транспорт: наука, техника, управление, 2012. – № 2. – С. 41-44.
5. Литвиненко В.А., Нацкевич А.Н. Разработка модуля трассировки УИ САПР на базе САПР KI-CAD // Информатика, вычислительная техника и инженерное образование, 2015. – № 2(22). – С. 29-45.
6. Бухаров Д.С., Казаков А.Л. Применение оптико-геометрического подхода для решения прикладных задач вариационного исчисления // Проблемы информатики, 2012. – № 3. – С. 22-32
7. Thomsen J.R., Yiu M.L., Jensen C.S. Effective caching of shortest paths for location-based services // ACM SIGMOD International Conference on Management of Data. – Scottsdale: Arizona State University, 2012. – P. 313-324.
8. Zhao Na. An improved algorithm of the shortest path search problem in GIS field // Advances in Intelligent Systems and Computing, 2013. – Volume 181. – P. 1035-1039.
9. Кормен Т. и др. Алгоритмы: построение и анализ / Т. Кормен, Ч. Лейзерсон, Р. Ривест, К. Штайн. – М.: Вильямс, 2005. – 1296 с.
10. Арнольд В.И. Математические методы классической механики. – М.: Эдиториал УРСС, 2000. – 408 с.
11. Ланцош К. Вариационные принципы механики. – М.: Физматгиз, 1965. – 411 с.
12. Башуров В.В., Филимоненкова Т.И. Математические модели безопасности. – Новосибирск: Наука, 2009. – 87 с.
13. An P.T., Haic N.N., Hoaid T.V. Direct multiple shooting method for solving approximate shortest path problems // Journal of Computational and Applied Mathematics, 2013. – Volume 244. – P. 67-76.
14. An P.T. and other. On the performance of triangulation-based multiple shooting method for 2D geometric shortest path problems / P.T. An, N.N. Haic, T.V. Hoaid, L.H. Trang // Lecture Notes in Computer Science, 2014. – Volume 8960. – P. 45-56.
15. Казаков А.Л., Лемперт А.А., Бухаров Д.С. Об одном численном методе решения некоторых задач оптимизации, возникающих в транспортной логистике // Вестник ИрГТУ, 2011. – № 6. – С. 6-12.
16. Бухаров Д.С., Казаков А.Л. Программная система «ВИГОЛТ» для решения задач оптимизации, возникающих в транспортной логистике // Вычислительные методы и программирование, 2012. – Раздел 2. – С. 65-74.
17. Бухаров Д.С., Казаков А.Л. Трассировка на цифровой карте: математическая модель и численный метод // Транспорт Урала, 2013. – № 3. – С. 7-12.

Бухаров Дмитрий Сергеевич
Филиал ОАО «СО ЕЭС» «Региональное диспетчерское управление энергосистемы Иркутской

области», г. Иркутск
Кандидат технических наук, заместитель начальника службы, начальник отдела внедрения и сопровождения
Тел.: 8 902 769 62 79
E-mail: bukharovds@gmail.com

D.S. BUXAROV *(Candidate of Engineering Sciences, Deputy Head of Service, Head of the Department of Implementation and Maintenance)*
Branch of OJSC «SO UES» «Regional dispatch control of the power system of Irkutsk Region», Irkutsk

ABOUT MESHLESS ROUTING METHOD BASED ON PHYSICAL ANALOGY

In the article a routing method is described, that based on assembled principles of Fermat and Huygens. The combination of these principles as a whole algorithm is allowed to imitate the light propagation in an optical medium. Some features of the routing method are showed. Computational experiment based on a model data is satisfied.

Keywords: *numerical method; routing; physical analogy; secondary source set; meshless method.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Kuznecov R.N., Gorskix A.A., Glazkova S.Yu. Vy'bor optimal'ny'x trass prokladki inzhenerny'x setej s naimen'shej stoimost'yu // Sovremennaya texnika i texnologii, 2014. – № 8(36). – S. 27-29.
2. Palagin Yu.I., Tret'yakova I.A. Optimal'noe planirovanie marshrutov dostavki gruzov v cepi postavshhik–potrebitel' // Transport: nauka, texnika, upravlenie, 2015. – № 8. – S. 22-26.
3. Kazakov A.L., Lempert A.A., Buxarov D.S. On segmenting logistical zones for servicing continuously developed consumers // Automation and Remote Control, 2013. – Volume 74. – Issue 6. – P. 968-977.
4. Zhuravskaya M.A. i dr. O metode resheniya zadachi optimal'noj prokladki vysokoskorostnyx zheleznodorozhnyx magistralej s uchetom regional'nyx osobennostej / M.A. Zhuravskaya, A.L. Kazakov, A.A. Lempert, D.S. Buxarov // Transport: nauka, texnika, upravlenie, 2012. – № 2. – S. 41 44.
5. Litvinenko V.A., Nackevich A.N. Razrabotka modulya trassirovki UI SAPR na baze SAPR KI-CAD // Informatika, vy'chislitel'naya texnika i inzhenernoe obrazovanie, 2015. – № 2(22). – S. 29-45.
6. Buxarov D.S., Kazakov A.L. Primenenie optiko-geometricheskogo podxoda dlya resheniya prikladny'x zadach variacionnogo ischisleniya // Problemy' informatiki, 2012. – № 3. – S. 22-32
7. Thomsen J.R., Yiu M.L., Jensen C.S. Effective caching of shortest paths for location-based services // ACM SIGMOD International Conference on Management of Data. – Scottsdale: Arizona State University, 2012. – P. 313-324.
8. Zhao Na. An improved algorithm of the shortest path search problem in GIS field // Advances in Intelligent Systems and Computing, 2013. – Volume 181. – P. 1035-1039.
9. Kormen T. i dr. Algoritmy': postroenie i analiz / T. Kormen, Ch. Lejzerson, R. Rivest, K. Shtajn. – M.: Vil'yams, 2005. – 1296 s.
10. Arnol'd V.I. Matematicheskie metody klassicheskoj mexaniki. – M.: E'ditorial URSS, 2000. – 408 s.
11. Lancosh K. Variacionnye principy mexaniki. – M.: Fizmatgiz, 1965. – 411 s.
12. Bashurov V.V., Filimonenkova T.I. Matematicheskie modeli bezopasnosti. – Novosibirsk: Nauka, 2009. – 87 s.
13. An P.T., Haic N.N., Hoaid T.V. Direct multiple shooting method for solving approximate shortest path problems // Journal of Computational and Applied Mathematics, 2013. – Volume 244. – P. 67-76.
14. An P.T. and other. On the performance of triangulation-based multiple shooting method for 2D geometric shortest path problems / P.T. An, N.N. Haic, T.V. Hoaid, L.H. Trang // Lecture Notes in Computer Science, 2014. – Volume 8960. – P. 45-56.
15. Kazakov A.L., Lempert A.A., Buxarov D.S. Ob odnom chislennom metode resheniya nekotory'x zadach optimizacii, voznikayushhix v transportnoj logistike // Vestnik IrGTU, 2011. – № 6. – S. 6 12.
16. Buxarov D.S., Kazakov A.L. Programmnaya sistema «VIGOLT» dlya resheniya zadach optimizacii, voznikayushhix v transportnoj logistike // Vy'chislitel'ny'e metody' i programmirovanie, 2012. – Razdel 2. – S. 65 74.
17. Buxarov D.S., Kazakov A.L. Trassirovka na cifrovoj karte: matematicheskaya model' i chislenny'j metod // Transport Urala, 2013. – № 3. – S. 7 12.

УДК 004.94, 338.24

А.В. МАСЛОБОЕВ, М.Г. ШИШАЕВ

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ. ЧАСТЬ 1. ТЕХНОЛОГИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ИННОВАЦИЙ

Для исследования динамики развития инновационных процессов и прогнозирования результативности их реализации в различных экономических условиях и при различных вариантах управления авторами разработаны средства имитационного моделирования инновационной деятельности. Работа состоит из двух частей. В первой части предлагается технология дистанционного формирования и управления моделями системной динамики на базе модельных шаблонов, обеспечивающая автоматизацию процесса создания и использования системно-динамических моделей инноваций. С использованием технологии создана эпидемическая модель диффузии инновационного продукта. Разработки могут найти применение в составе систем поддержки принятия решений в сфере управления инновационным развитием региональной экономики.

Ключевые слова: *имитационное моделирование; системная динамика; инновации; поддержка принятия решений; инновационная безопасность региональной развития.*

ВВЕДЕНИЕ

Инновационная деятельность характеризуется отложенной результативностью. Поэтому для оценки экономического успеха инноваций необходимы оценки, перспективные во времени. Такие оценки способно дать имитационное моделирование инновационной деятельности. Имитационное моделирование является одним из наиболее мощных и перспективных инструментов исследования экономических, социальных и иных процессов, натурное воспроизведение которых невозможно по тем или иным причинам. Основными источниками ограничений на натурное экспериментирование является природа самих процессов, а также сложность и масштабность систем, в которых они протекают. Очевидно, что к таким процессам и системам относятся региональные социально-экономические системы с протекающими в них инновационными процессами. Природа инновационных процессов не позволяет проводить натурное экспериментирование с целью апробации тех или иных управленческих решений, а масштаб и сложность социально-экономических систем ограничивает возможности использования детерминированных или вероятностных расчетных моделей.

В ходе исследований разработаны средства имитационного моделирования инновационной деятельности, обеспечивающие возможность исследования динамики развития инновационных процессов и прогнозирования результативности их реализации в различных экономических условиях. Работа состоит из двух частей. В данной (первой) части предлагается технология дистанционного формирования и управления моделями системной динамики на базе модельных шаблонов, обеспечивающая автоматизацию процесса создания и использования системно-динамических моделей инноваций. С использованием технологии создана эпидемическая модель диффузии инновационного продукта.

ТЕХНОЛОГИЯ ДИСТАНЦИОННОГО ФОРМИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ СД-МОДЕЛЯМИ

Технология дистанционного формирования и управления моделями системной динамики предназначена для автоматизации процесса создания СД-моделей для предметных областей, в которых возможно формирование моделей сложных процессов на основе ограниченного набора системно-динамических шаблонов, то есть применима технология «паттернов» или «модельных шаблонов».

В целом реализуемая технология моделирования состоит из следующих этапов [2]:

1. Анализ предметной области с целью выделения ограниченного набора типовых процессов, определяющих динамику развития рассматриваемой системы.

2. Создание базовых системно-динамических шаблонов для каждого типового процесса.

3. Синтез на основе системно-динамических «мобильных» шаблонов, формирующих библиотеку шаблонов прикладной среды моделирования.

4. Конструирование имитационной модели анализируемого сложного процесса путем связывания имеющихся в библиотеке шаблонов образующих его «типовых» процессов.

5. Ввод в модель исходных данных, настройка параметров и проведение серии имитационных экспериментов по исследованию вариантов развития анализируемого процесса.

6. Анализ результатов моделирования и принятие решения.

Формализовать первый этап технологии достаточно сложно. Обычно он реализуется в ходе итерационного диалога специалистов предметной области и разработчиков модели. В качестве инструментальных средств, обеспечивающих поддержку этого этапа, можно указать средства построения формализованных концептуальных моделей или онтологий [3]. При применении технологии следует учитывать, что средства системно-динамического моделирования позволяют имитировать динамику исследуемой системы, но не предусматривают автоматизированное вычисление значений параметров, которые обеспечат оптимальное или приемлемое развитие системы. Поэтому анализ сформированных в результате имитационного эксперимента значений, характеризующих траектории развития моделируемой системы, находится за пределами функциональных возможностей предлагаемых разработок. Практическая реализация этапов 2-5 представленной технологии осуществляется с использованием интегрированной среды системно-динамического моделирования Powersim Studio норвежской компании Powersim Software AS [4] и двух специализированных приложений – редактора шаблонов и системы прикладного имитационного моделирования.

Технология реализована в рамках архитектуры «тонкий клиент». На рисунке 1 показана схема клиент-серверной структуры системы, реализующей имитационное моделирование с использованием технологии имитационных шаблонов.

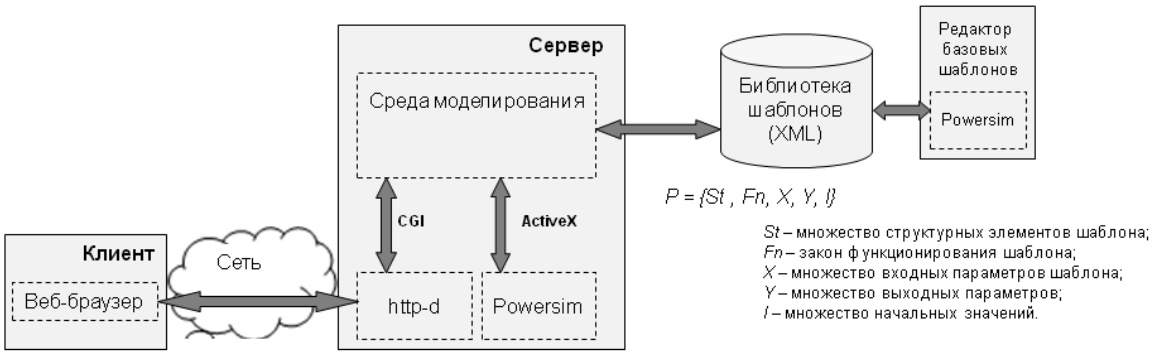


Рисунок 1 – Общая структура системы

Средства реализации технологии обеспечивают распределенное формирование СД-моделей и управления процессом имитационного моделирования инновационной деятельности на базе модельных шаблонов (паттернов) типовых инновационных процессов. Отличительной особенностью реализованной технологии является перевод описаний системно-динамических шаблонов в XML-формат, что позволяет использовать модели автономно (без среды моделирования).

На базе разработанной технологии дистанционного формирования имитационных моделей из типовых модельных шаблонов создан комплекс СД-моделей рыночной диффузии инноваций.

ЭПИДЕМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ИННОВАЦИОННОГО ПРОДУКТА

Рассмотрим структуру и состав комплексной системно-динамической модели, предназначенной для исследования процессов рыночной диффузии инновационного продукта. В качестве методологии моделирования использован подход системной динамики (СД) [1], а в качестве инструментального средства – система СД-моделирования Powersim [4]. Описание используемой в системе Powersim графической нотации моделей приведено в работе [5]. Системная динамика является одним из наиболее мощных инструментов, используемых в настоящее время для анализа и проектирования сложных систем, главными особенностями которых является то, что они динамические (изменяющиеся во времени), содержат петли обратной связи, их структура характеризуется задержками, нелинейностью и переменчивостью причин сложного поведения. Перечисленные особенности в полной мере относятся к экономической среде развития инноваций: фирма и рынок, управленческие решения и реакция на них внешней экономической среды тесно взаимосвязаны [6]. Эта взаимосвязь выражается в различного сорта обратных связях между компонентами экономической среды. При этом количество взаимосвязанных компонентов и количество связей между ними может быть весьма велико.

Основная задача имитационного моделирования процесса рыночного распространения инновации (диффузии) заключается в том, чтобы помочь лицу, принимающему решение о практической реализации инновационного проекта, проследить возможные качественные изменения исследуемого процесса при различных условиях его протекания и управляющих воздействиях, сделать правильную оценку временных параметров вывода нового продукта на рынок и его рыночной динамики. При этом следует отдавать себе отчет в том, что из-за сложности и многоаспектности задачи не представляется возможным создать такую модель, которая предсказала бы нам значения показателей распространения инновации в абсолютном измерении или позволила определить конкретные оптимальные временные параметры инновационного процесса. Главным назначением модели в данном случае является повышение эффективности инновационного менеджмента, улучшение качества управленческих решений за счет лучшего понимания их влияния на динамику развития инновационного процесса в различных рыночных условиях. С точки зрения технологии принятия решений, СД-модель позволяет генерировать множество возможных альтернатив, обеспечивающее лицо принимающее решение базой для последующего анализа и выбора предпочтительных вариантов развития процесса.

Процесс рыночного распространения (диффузии) инновационного продукта обусловливается двумя группами факторов. Первую группу составляют объективные характеристики экономической среды развития инновации, внешние по отношению к фирме-инноватору. Вторую группу факторов составляют внутренние экономические характеристики функционирования фирмы-инноватора и принимаемые управленческие решения. Целевым показателем успешности инновационной деятельности фирмы является валовой объем продаж, измеренный в денежном эквиваленте.

К наиболее важным факторам, влияющим на результативность развития рынка инновационного продукта, относятся следующие [7]:

1. Внутренняя структура соответствующего сектора рынка – монополистическая, когда рассматриваемый тип продукта выпускает и продает одна-единственная фирма; или олигополистическая, когда созданием и продажами некоторого инновационного продукта занимаются несколько конкурирующих фирм. Если в первом случае потенциальный объем рынка инновации равен объему исходного рынка и задача инновационного менеджмента заключается в его эффективном с точки зрения времени или аккумулированного объема продаж освоении, то во втором случае рассматриваемый сектор рынка делится между несколькими конкурирующими фирмами, что заставляет фирму-инноватора использовать иные стратегии планирования производства, ценообразования, управления качеством и спросом. Возможно также рассмотрение и иных структур рынка.

2. Управленческие решения в отношении ценообразования, рекламной политики, управления качеством продукции, проведения НИОКР (с целью придания продукту новых свойств), объемов капиталовложений, временных параметров маркетинговых акций.

3. Общие закономерности развития инновационных рынков, такие, как процессы замены морально устаревшего продукта его обновленным аналогом с возможно расширенным спектром возможностей, процессы повторных покупок и другие.

В рассматриваемой модели перечисленные факторы представлены структурными элементами, а также отдельными компонентами системно-динамической модели – переменными, константами, уровнями, потоками.

ЯДРО МОДЕЛИ

Укрупненная структура модели приведена на рисунке 2.

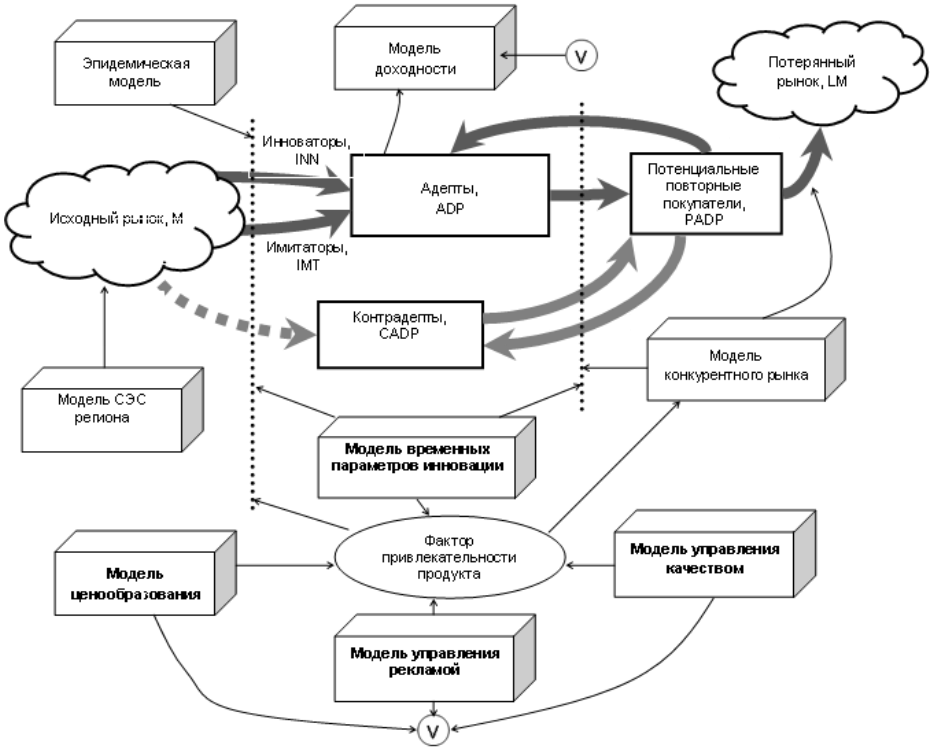


Рисунок 2 – Обобщенная структура СД-модели рыночной диффузии инновации

Основной процесс рыночного распространения инновации представлен разновидностью эпидемической модели: скорость распространения рыночного продукта зависит от количества контактов между его потенциальными (M) и актуальными потребителями – адептами (ADP). Количество последних увеличивается за счет двух потоков: клиентов-инноваторов (INN), побудительным мотивом которых к приобретению новшества является стремление первым испытать его потенциальные полезные свойства, первым получить опыт его использования, и клиентов-имитаторов (IMT), мотивация которых обусловлена стремлением «не отстать от других». Общим источником поступления актуальных потребителей новшества (адептов) является пул потенциальных клиентов (в модели – «исходный рынок»), формируемый из населения региона, принимаемого за область распространения продукта, с учетом показателей спроса на новый продукт (точнее – на его некоторые потребительские свойства) и социальной динамики территории. Источником данных показателей является модель социально-экономической системы региона, например, модель моногорода [8]. Основными обратными связями модели является отток потенциальных клиентов за счет предпочтения альтернативного продукта (переход в категорию контрадептов), отток адептов, неудовлетворенных качеством новшества, и приток

потребителей новшества, повторно приобретающих инновационный продукт по истечении срока эксплуатации ранее приобретенного («повторные покупатели»).

Рост количества инноваторов определяется коэффициентом инновационной привлекательности продукта p_{INN}, представляющем собой вероятность того, что новый товар сам по себе (вне каких-либо социальных мотивов) заинтересует покупателя:

$$D_{INN}(t) = p_{INN} * M(t). \quad (1)$$

«Заражение» объекта (приобретение инновационного продукта по мотивам имитационного характера) происходит в результате парной коммуникации, в которой один из взаимодействующих объектов является «зараженным».

Общее возможное количество парных коммуникаций определяется соотношением:

$$C_N^2 = \frac{N!}{2!(N-2)!} = \frac{1}{2}(N^2 - N), \quad (2)$$

где N – начальный объем рынка (количество потенциальных покупателей инновационного продукта).

С учетом того, что в случае монопольного рынка исходный рынок делится между потенциальными покупателями и адептами ($N=M+ADP$), а в случае конкурентного – между потенциальными покупателями, адептами и контрадептами ($N=M+ADP+CADP$), количества парных коммуникаций для первого и второго случая, соответственно, будут определяться соотношениями:

$$\frac{1}{2}(2M \cdot ADP + M^2 - M + ADP^2 - ADP), \quad (3)$$

$$\frac{1}{2}(2M \cdot ADP + 2M \cdot CADP + 2ADP \cdot CADP + M^2 - M + ADP^2 - ADP + CADP^2 - CADP). \quad (4)$$

В приведенных соотношениях одновременно зависит от количества адептов инновации и от количества потенциальных покупателей первое слагаемое за скобкой. Оно и определяет темп потока имитаторов:

$$D_{IMT}(t) = p_{IMT} \cdot M(t) \cdot ADP(t), \quad (5)$$

где p_{IMT} – коэффициент имитации, определяющий вероятность «заражения» потенциального покупателя в результате контакта с адептом инновации.

Рост количества контрадептов определяется вторым слагаемым соотношения (4):

$$D_{CADP}(t) = p_{CADP} \cdot DL(t) \cdot M(t) \cdot CADP(t), \quad (6)$$

где p_{CADP} – коэффициент, соответствующий вероятности привлечения потенциального потребителя инновации альтернативным продуктом; $DL(t)$ – функция временной задержки s-образной формы, стремящаяся к нулю на начальных этапах распространения инновации и устремляющаяся к единице через некоторое время.

Длительность «полки» графика функции $DL(t)$ при малых значениях аргумента (T) определяется технологической сложностью продукта и специфической характеристикой социально-технической среды, определяющей скорость информационных коммуникаций между актуальными и потенциальными потребителями новшества. Эта характеристика тем выше, чем более развита информационно-коммуникационная инфраструктура на соответствующей территории.

Функция временной задержки может, например, иметь следующий вид:

$$DL(t) = \frac{1}{2}(1 + \text{th}(t - T)), \quad (7)$$

где th – гиперболический тангенс; T – параметр, определяющий длительность «полки».

Альтернативой использованию функции временной задержки в потоке контрадептов является вариация структуры модели, в которой непосредственная связь между исходным рынком и контрадептами в виде соответствующего потока отсутствует. В этом случае количество контрадептов растет только за счет перехода в их число части потенциальных повторных покупателей инновационного продукта:

$$D_{CADP}(t) = p_{CADP`} \cdot PADP(t). \quad (8)$$

По истечении некоторого времени (периода технологического обновления продукта) адепты продукта переходят в разряд потенциальных повторных покупателей. Аналогичным образом, через соответствующее время в число потенциальных повторных покупателей переходят и контрадепты. Последние либо возвращаются в число адептов или контрадептов, либо отказываются от использования продукта. Темпы данных потоков определяются в соответствии с моделью Басса [9] и зависят от временных параметров жизненного цикла инновации и параметров конкурентного рынка.

Динамика описанных процессов зависит от ряда факторов, в том числе управляемых. К ним относятся:

- объем производства;
- стратегии ценообразования;
- уровень качества продукта, обуславливаемый объемом затрат на соответствующие мероприятия по его контролю;
- уровень затрат на продвижение нового товара на рынке (рекламу);
- наличие и рыночная активность конкурентов;
- временные параметры жизненного цикла продукта.

Перечисленные факторы, степень и форма их влияния на процесс распространения инновации, в свою очередь, в общем случае определяются множеством взаимосвязанных параметров социально-экономической среды протекания инновационных процессов и сами по себе могут быть предметами компьютерного (в том числе имитационного) моделирования. Таким образом, системно-динамическая модель рыночной диффузии инновационного продукта становится целым комплексом взаимосвязанных подмоделей, что отражено на рисунке 2. К данным вспомогательным моделям относятся:

– модель временных параметров жизненного цикла инновации, определяющая длительности основных периодов жизненного цикла и их вариации;

– модель ценообразования, определяющая уровень цены единицы инновационного продукта в каждый момент модельного времени;

– модель управления рыночным продвижением продукта (рекламой), определяющая зависимость фактора привлекательности продукта от объемов и временных параметров капиталовложений в рекламную кампанию, типа и иных параметров рекламы;

– модель управления качеством продукта, определяющая зависимость фактора привлекательности продукта от затрат на управление базовыми и постоянными потребительскими ценностями продукта;

– модель конкурентного рынка, определяющая закономерности распределения потоков потенциальных потребителей инновационного продукта между его адептами, контрадептами, повторными покупателями, потерянными рынком.

Перечисленные модели могут реализовываться различными способами – от самых простых, где параметры являются константами или простыми функциональными зависимостями от других компонентов СД-модели, до полноценных отдельных системно-

динамических или иных математических либо компьютерных моделей. Возможные подходы к реализации вспомогательных моделей будут рассмотрены во второй части работы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проведенных исследований получены следующие основные результаты:

1. Разработана информационная технология дистанционного формирования имитационных моделей сложных систем из типовых модельных шаблонов (паттернов).
2. Создана комплексная эпидемическая СД-модель рыночной диффузии инновационного продукта.

Разработанная информационная технология является предметно-независимой и может быть использована для создания систем моделирования других предметных областей.

Полученные результаты смогут также найти применение при реализации «Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года» на территории Мурманской области в части создания средств информационно-аналитической поддержки для задач управления инновационной безопасностью развития региона.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований - грант 15-07-04290-а, № 15-29-06973-офи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Форрестер Дж. Мировая динамика. – М.: Наука, 1978. – 165 с.
2. Маслобоев А.В., Олейник А.Г., Шишаев М.Г. Информационная технология дистанционного формирования и управления моделями системной динамики // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики, 2015. – Т. 15. – № 4. – С. 748-755.
3. Емельянов С.В. и др. Информационные технологии регионального управления / С.В. Емельянов, Ю.С. Попков, А.Г. Олейник, В.А. Путилов. – М.: Едиториал УРСС, 2004. – 400 с.
4. Путилов В.А., Горохов А.В. Системная динамика регионального развития. – Мурманск: НИЦ «Пазори», 2002. – 306 с.
5. Сидоренко В.Н. Системно-динамическое моделирование в среде POWERSIM: справочник по интерфейсу и функциям. – М.: МАКС-ПРЕСС, 2001. – 159 с.
6. Попков Ю.С. Макросистемные модели пространственной экономики. – М.: КомКнига, 2008. – 240 с.
7. Maier F.H. New product diffusion models in innovation management – a system dynamics perspective // System Dynamics Review, 1998. – Vol. 14. – P. 285-309.
8. Горохов А.В., Маслобоев А.В., Иванов К.И. Информационная технология оценки экономического риска сценариев развития моногорода на основе имитационного моделирования // Качество. Инновации. Образование, 2012. – № 4(83). – С. 63-72.
9. Bass F.M. A new product growth model for consumer durables (Bass Diffusion Model) // Management Science, 1969. – Vol. 15. – P. 215-227.

Маслобоев Андрей Владимирович
ФГБУН Институт информатики и математического моделирования технологических процессов Кольского научного центра РАН, г. Апатиты
Кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник
Тел.: 8 953 306 57 23
Email: masloboev@iimm.ru

Шишаев Максим Геннадьевич
ФГБУН Институт информатики и математического моделирования технологических процессов Кольского НЦ РАН, г. Апатиты
Доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией
Тел.: 8 921 150 27 25

Email: shishaev@iimm.ru

A.V. MASLOBOEV *(Candidate of Engineering Science, Associate Professor, Senior Researcher)*

M.G. ShIShAEV *(Doctor of Engineering Science, Professor, Head of Laboratory)*
Institute for Informatics and Mathematical Modeling of Technological Processes of the Kola Science Center RAS, Apatity

MODELING OF INNOVATION PROCESSES.
PART I. SIMULATION TECHNOLOGY OF INNOVATIONS

For innovation process development dynamics analysis and its implementation effectiveness forecasting under various economic conditions and under different control scenarios the modeling tools for innovation business simulation have been developed. The research work consists of two parts. In the first part an information technology for remote formation and control of system dynamics models based on simulation patterns has been proposed. The technology provides design and deployment process automation of system-dynamic models of innovations. Using technology an epidemic model of innovation product diffusion has been developed. The work-out results can find application within the decision support systems used in the field of innovation development management of regional economics.

Keywords: *simulation; system dynamics; innovations; decision-making support; regional development innovation security.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Forrester Dzh. Mirovaya dinamika. – M.: Nauka, 1978. – 165 s.
2. Masloboev A.V., Olejnik A.G., Shishaev M.G. Informacionnaya texnologiya distancionnogo formirovaniya i upravleniya modelyami sistemnoj dinamiki // Nauchno-texnicheskij vestnik informacionny'x texnologij, mexaniki i optiki, 2015. – T. 15. – № 4. – S. 748-755.
3. Emel'yanov S.V. i dr. Informacionny'e texnologii regional'nogo upravleniya / S.V. Emel'yanov, Yu.S. Popkov, A.G. Olejnik, V.A. Putilov. – M.: Editorial URSS, 2004. – 400 s.
4. Putilov V.A., Goroxov A.V. Sistemnaya dinamika regional'nogo razvitiya. – Murmansk: NIC «Pazori», 2002. – 306 s.
5. Sidorenko V.N. Sistemno-dinamicheskoe modelirovanie v srede POWERSIM: spravochnik po interfejsu i funkciyam. – M.: MAKS-PRESS, 2001. – 159 s.
6. Popkov Yu.S. Makrosistemny'e modeli prostranstvennoj e'konomiki. – M.: KomKniga, 2008. – 240 s.
7. Maier F.H. New product diffusion models in innovation management – a system dynamics perspective // System Dynamics Review, 1998. – Vol. 14. – P. 285-309.
8. Goroxov A.V., Masloboev A.V., Ivanov K.I. Informacionnaya texnologiya ocenki e'konomicheskogo riska scenariev razvitiya monogoroda na osnove imitacionnogo modelirovaniya // Kachestvo. Innovacii. Obrazovanie, 2012. – № 4(83). – S. 63-72.
10. Bass F.M. A new product growth model for consumer durables (Bass Diffusion Model) // Management Science, 1969. – Vol. 15. – P. 215-227.

УДК 519.711.3

К.Е. ПЕТРОВ

МЕТОД СИМУЛЯЦИИ ДВОИЧНЫХ СЛУЧАЙНЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ С ЗАДАННЫМИ СТАТИСТИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ

В статье предлагается метод симуляции двоичных случайных последовательностей с заданными статистическими свойствами

Ключевые слова: *система передачи данных; марковский процесс; двоичные случайные последовательности.*

ВВЕДЕНИЕ

Исходными предпосылками написания статьи послужили серьезные затруднения, связанные с анализом и обработкой сигналов телекоммуникационных систем на современном этапе. Повышение пропускной способности и помехоустойчивости в совокупности с разработкой новых подходов к передаче и обработке информации привело к необходимости создания адекватных математических моделей процессов, реализуемых в системах передачи информации (СПИ).

Современные методы описания процессов в СПИ разнообразны и требуют различного смыслового содержания и представления для применения в инженерной практике. Среди них наиболее значимыми являются теоретико-вероятностные методы исследований, основанные на вероятностной трактовке протекающих в СПИ процессов. Вероятностный подход позволяет полнее учесть состояние динамических систем, характер управляющих и возмущающих воздействий, результирующее поведение информационных потоков в СПИ, что для значительной части практических приложений является более адекватным.

Несмотря на последнее замечание, круг проблем, определяемых вероятностным подходом, достаточно широк. Это связано с описанием математических моделей случайных процессов в СПИ, формированием на их основе статистических методов проверки гипотез и обнаружения, оценивания и фильтрации, интерполяции и экстраполяции, а также с разработкой алгоритмов оптимального управления стохастическими системами. При аналитическом исследовании поведения реальных динамических систем важным является обоснование математических моделей процессов, протекающих в этих системах. В ходе формирования методов анализа и синтеза эти модели, с одной стороны, должны адекватно отражать свойства реальных процессов, с другой – допускать исследования этих процессов известными теоретическими методами. Выход, видимо, следует искать на основе компромиссных решений в части выбора наиболее простых и в то же время содержательных (продуктивных) моделей при решении интересующих задач. При этом центральное место в вероятностной трактовке применительно к практическим аспектам использования методов статистического анализа и синтеза занимает математический аппарат теории марковских процессов.

СИМУЛЯЦИЯ ДВОИЧНЫХ СЛУЧАЙНЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ С ЗАДАННЫМИ СТАТИСТИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ

Основой статистических решений, связанных с оптимальной обработкой сигналов, служат аналитические методы математической статистики, где исходными данными являются результаты наблюдений, имеющие случайный характер. При этом синтез алгоритмов обработки сигналов устройств основан на введении соответствующих математических моделей, отражающих статистические свойства моделируемых объектов и явлений. На уровне дискретных каналов связи в качестве них часто выступают ансамбли реализаций потоков ошибок. Однако на практике, как правило, нет достаточного объема

априорных данных, который позволяет осуществить выбор адекватных реальной обстановке моделей сигналов, каналов и помех, а также определить особенности их функционального взаимодействия. То есть затруднительно получить представление о механизме, порождающем наблюдаемый временной процесс, а, следовательно, сложно свести задачу к получению оптимального решающего устройства, которое давало бы оценки параметров модели исходного процесса с наименьшими ошибками. В указанных условиях традиционным способом исследования функционирования разрабатываемых алгоритмов является имитационное моделирование, основанное на симуляции реализаций случайных процессов.

Известно, что наиболее полное представление о статистических свойствах двоичных случайных последовательностей позволяет получить их описание на основе математического аппарата цепей Маркова (ЦМ) [1]. Соответствующие модели обладают значительным спектром возможностей, однако их использование в задачах имитационного моделирования наталкивается на необходимость наличия процедур, обеспечивающих возможность направленного перебора статистических свойств случайных процессов в пределах некоторого заранее заданного исследователем диапазона возможных значений. Однако, к сожалению, для марковских процессов в настоящее время отсутствуют подобные процедуры. В первую очередь это связано с недостаточным исследованием вопросов, определяющих взаимосвязь статистических свойств случайных процессов на различных масштабах их описания (связности цепей Маркова в дискретном случае).

Возможные подходы к устранению данного недостатка напрямую связаны с масштабным представлением бинарных последовательностей моделью дискретного пространства. Для двоичных случайных процессов целью масштабно-инвариантного представления является выявление особенностей формирования двоичных последовательностей на основе анализа их взаимосвязи на различных масштабах. Рассмотрим особенности аналитического описания двоичных ЦМ.

При использовании ЦМ отображение задается в виде матрицы переходных вероятностей (МПВ). В отличие от задач симуляции одномерных распределений, особенностью симуляции двоичных случайных последовательностей (ДСП) на основе ЦМ является векторный характер получаемых распределений. Задача моделирования случайных векторов, элементы которых представляют собой различные случайные величины, рассмотрена в [2]. При этом моделирование требует указания совместного распределения нескольких случайных величин. В настоящей работе рассматривается другой случай, в котором все элементы векторов различной длины характеризуют одну случайную величину, принимающую два возможных значения.

Иными словами, в зависимости от заданной связности двоичной ЦМ требуется определить ряд распределения двоичных комбинаций соответствующей длины. Затем на основе информации относительно значений вероятностей двоичных комбинаций несложно вычислить значения элементов МПВ цепи, требующихся для организации собственно процесса симуляции ДСП.

Однако при проведении вычислительных экспериментов значения вероятностей двоичных комбинаций, составляющих в совокупности ряды распределений, симулируемых ДСП, как правило, априорно неизвестны. Соответствующие численные значения требуется получать на основе некоторой исходной информации, характеризующей исследуемый случайный процесс при достаточно низкой степени его агрегирования. Например, при исследовании исправляющей способности помехоустойчивых кодов в дискретных каналах с памятью требуется некоторым образом организовать процесс перебора значений элементов МПВ при фиксации значений вероятности

Однако в ряде случаев при моделировании двоичных векторов задание МПВ не приводит к требуемому результату. Иными словами, использование некоторой совокупности значений МПВ симулирует ДСП с рядом распределения, не соответствующим требуемому.

Известные результаты теории марковских процессов не позволяют объяснить природу такого явления, но относят симулируемый процесс к так называемым неэргодическим.

Проблема наличия неэргодических марковских процессов усугубляется отсутствием условий эргодичности для класса двоичных марковских процессов, выполнение которых можно было бы проверить до начала процесса симуляции, что значительно усложняет организацию вычислительных экспериментов при имитационном моделировании. Фактически единственно возможным решением в этих условиях является организация эксперимента с обязательным включением в него дополнительной процедуры «отбраковки» ДСП, оказавшихся неэргодическими. Отбраковку несложно реализовать, например, на основе сравнения значений элементов МПВ, использованных при симуляции и вычисленных по ДСП, полученным в результате симуляции. Очевидно, такой подход избыточен с точки зрения затрачиваемых на реализацию вычислительных экспериментов временных и вычислительных ресурсов.

С целью минимизации числа испытаний при исследовании функций реакции рассмотрим множества двоичных последовательностей различной длины i с целью определения взаимосвязей вероятностей двоичных комбинаций различной длины. Соответствующая древовидная структура, узлами которой являются двоичные комбинации, представлена на рисунке 1. Каждый узел обозначен двумерным индексом, где первый индекс i – длина комбинации, а второй индекс j – десятичное значение двоичной комбинации.

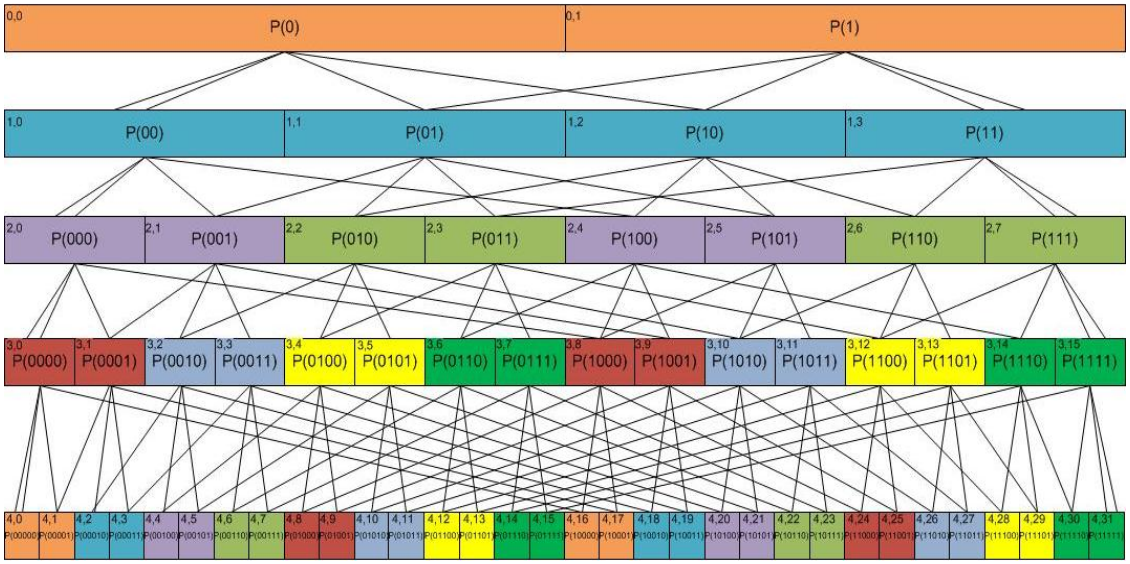


Рисунок 1 – Древовидная структура взаимосвязей вероятностей двоичных векторов различной длины

Очевидно, что значение вероятности двоичных векторов, исходя из определения полной группы событий, определяется выражениями

$$p(x_1, x_2, ..., x_v) = p(x_1, x_2, ..., x_v, x_{v+1}) + p(x_1, x_2, ..., x_v, \bar{x}_{v+1}), \quad (1)$$

$$p(x_1, x_2, ..., x_v) = p(x_0, x_1, x_2, ..., x_v) + p(\bar{x}_0, x_1, x_2, ..., x_v). \quad (2)$$

Тогда, учитывая номера позиций двоичных комбинаций во множествах комбинаций длины i, элемент модели на рисунке 1 с индексом (i, j) можно представить выражениями

$$p_{i-1,j} = p_{i,2j} + p_{i,2j+1}, \quad (3)$$

$$p_{i-1,j} = p_{i,j} + p_{i,j+2^i}. \quad (4)$$

Преобразование (3) и (4) с учетом введения номера четверки k позволили получить систему уравнений вида

$$\begin{cases} p_{i-1,k} = p_{i,2k} + p_{i,2k+1} \\ p_{i-1,2k} = p_{i,2k} + p_{i,2k+2^i} \\ p_{i-1,2k+1} = p_{i,2k+1} + p_{i,2k+1+2^i} \\ p_{i-1,k+2^{i-1}} = p_{i,2k+2^i} + p_{i,2k+1+2^i} \end{cases}. \quad (5)$$

Анализ значений индексов, определяющих значения двоичных векторов, показывает, что вероятности векторов, длина которых различается на единицу, образуют изолированные четверки. Таким образом, изменение значения вероятности любого двоичного вектора некоторой четверки оказывает влияние только на вероятности векторов этой четверки.

Решение системы (5) позволяет определить минимальные и максимальные значения вероятностей двоичных комбинаций длины i, исходя из значений свободных членов системы (5). Так, максимальные значения слагаемых уравнений системы (5) определяются выражениями

$$\max p_{i,2k} = \min\left[p_{i-1,k}; p_{i-1,2k}\right], \quad (6)$$

$$\max p_{i,2k+1} = \min\left[p_{i-1,k}; p_{i-1,2k+1}\right], \quad (7)$$

$$\max p_{i,2k+2^i} = \min\left[p_{i-1,2k}; p_{i-1,k+2^{i-1}}\right], \quad (8)$$

$$\max p_{i,2k+1+2^i} = \min\left[p_{i-1,2k+1}; p_{i-1,k+2^{i-1}}\right]. \quad (9)$$

Минимальные значения слагаемых уравнений системы (5) определяются выражениями

$$\min p_{i,2k} = p_{i-1,k} - \max p_{i,2k+1} = p_{i-1,k} - \min\left[p_{i-1,k}; p_{i-1,2k+1}\right], \quad (10)$$

$$\min p_{i,2k+1} = p_{i-1,k} - \max p_{i,2k} = p_{i-1,k} - \min\left[p_{i-1,k}; p_{i-1,2k}\right], \quad (11)$$

$$\min p_{i,2k+2^i} = p_{i-1,2k} - \max p_{i,2k} = p_{i-1,2k} - \min\left[p_{i-1,k}; p_{i-1,2k}\right], \quad (12)$$

$$\min p_{i,2k+1+2^i} = p_{i-1,k+2^{i-1}} - \max p_{i,2k+2^i} = p_{i-1,k+2^{i-1}} - \min\left[p_{i-1,2k}; p_{i-1,k+2^{i-1}}\right]. \quad (13)$$

Геометрически полученные зависимости удобно представить в виде трех кругов, относительное расположение которых соответствует рисунку 2. При этом углы секторов нижнего и верхнего кругов определяются парами значений свободных членов уравнений, а углы секторов среднего круга – четырьмя значениями слагаемых в правых частях уравнений, входящих в (5).

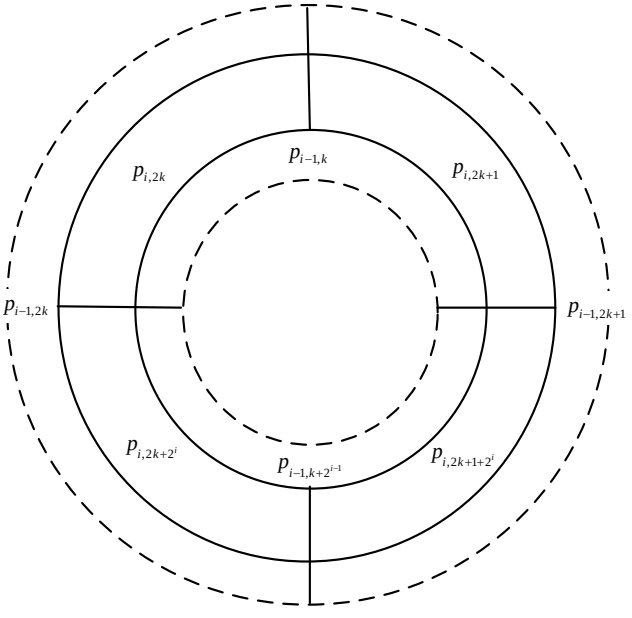


Рисунок 2 – Геометрическая интерпретация взаимосвязи значений вероятностей двоичных векторов, определяющих элементы четверок

Следовательно, наличие информации относительно значений вероятностей векторов меньшей размерности позволяет судить о диапазонах изменений вероятностей векторов большей размерности.

Указанное обстоятельство позволило разработать новый метод направленного перебора рядов распределений в задачах моделирования двоичных марковских последовательностей, отличающийся от известного учетом ограничений на диапазоны значений вероятностей многомерных двоичных случайных величин, определяемых значениями вероятностей многомерных двоичных случайных величин меньшей размерности. Преимуществом разработанного метода является отсутствие необходимости осуществления операций, реализующих процесс отбраковки ДСП, для которых не выполняются требования к точности воспроизведения статистических свойств ДСП. Разработанный метод реализуется алгоритмом, блок-схема которого представлена на рисунке 3. Рассмотрим особенности указанного алгоритма.

Исходными данными для алгоритма вычисления вероятностей комбинаций двоичных векторов являются параметры, представленные в блоке 1, а именно:

1) $P(0)$ – вероятность события «0», $P(0) \in [0,1]$;

2) v – «масштаб распределения» – длина двоичных векторов, для которых рассчитываются вероятности векторов, где $v \in Z, v \geq 2$;

3) L_i – количество интервалов значений вероятностей на масштабе i, где $i \in Z, i \geq 2$, $L_v \in Z, L_v \geq 2$;

4) n – номер варианта, где $n \in Z, n \in [0, N)$

Результатом работы алгоритма является множество значений вероятностей двоичных векторов длины v.

Номер варианта n определяет ряд распределения вероятностей масштаба v и выражается через десятичное представление многомерного числа, описывающего параметры ряда распределения. Количество разрядов указанного многомерного числа соответствует количеству четверок на всех масштабах и определяется выражением $N' = \sum_{i=2}^{v} 2^{i-2}$. Каждый разряд n_j задается в системе счисления по основанию $L_{f(j)}$, где $f(j) = 2 + \lfloor \log_2(j+1) \rfloor$, $j = 0...N'-1$ и определяет относительное положение значения вероятности ДСВ в интервале от его минимального до максимального значения для каждой четверки. Десятичное значение варианта n определяется выражением

$$n = n_0 + \sum_{j=1}^{N^d-1} n_j \cdot \prod_{i=0}^{j-1} L_{f(i)}, \tag{14}$$

а количество возможных вариантов – выражением

$$N = \prod_{i=2}^{v} (L_i)^{2^{i-2}} . \tag{15}$$

Рассмотрим функциональное назначение блоков алгоритма.

Блок 2 определяет начальные значения вероятностей двоичных случайных величин (ДСВ) на первом масштабе.

В блоках 3-8 производится расчет вероятностей ДСВ на различных масштабах i, где $i = 2...v$.

Количество различных комбинаций двоичных векторов длины i составляет величину 2^i. На каждом масштабе распределения все вероятности векторов $p_{i,m}$ длины i можно разбить на t непересекающихся групп по четыре элемента, где m=0..2^i–1. Количество таких групп $t = \frac{2^i}{4} = 2^{i-2}$ рассчитывается в блоке 4.

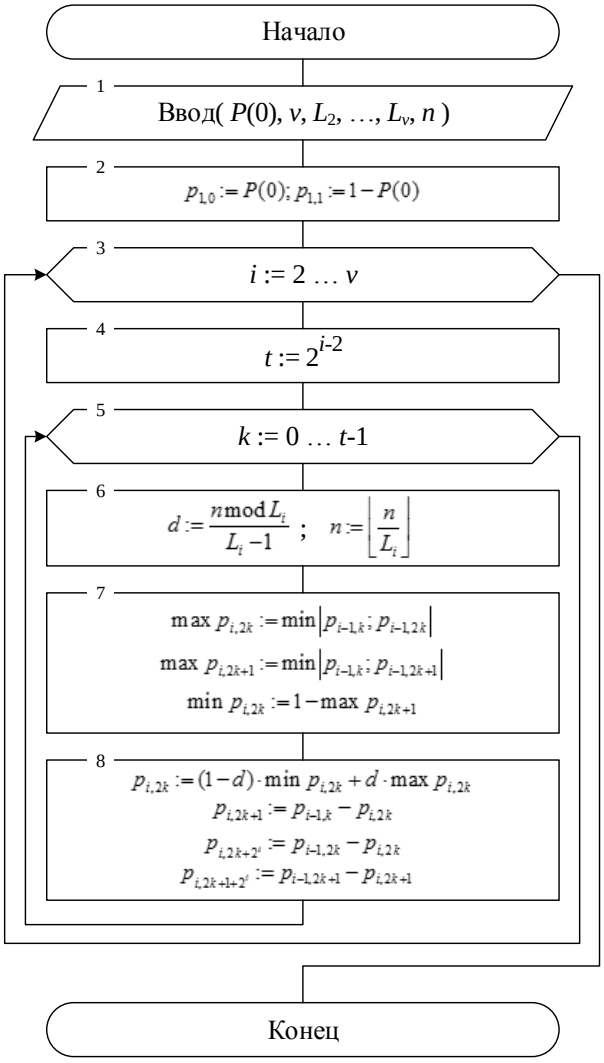


Рисунок 3 – Алгоритм расчета значений вероятностей ряда распределения многомерных двоичных векторов на основании значения одномерной случайной величины и номера варианта

Каждая «четверка» обрабатывается независимо друг от друга. Для обработки всех «четверок» вводится цикл (блоки 5–8) с параметром k=0…t-1, определяющим номер «четверки».

В блоке 6 производится выделение младшего разряда из варианта n с последующим получением относительной позиции в интервале [0,1] для текущей обрабатываемой четверки в соответствии с выражением

$$d = \frac{n \bmod L_i}{L_i - 1} \tag{16}$$

и удаление младшего разряда за счет сдвига числа n вправо на один разряд

$$n = \left\lfloor \frac{n}{L_i} \right\rfloor. \tag{17}$$

Блок 7 предназначен для расчета минимального и максимального значения первого элемента обрабатываемой четверки в соответствии с выражениями (6, 7, 10).

В блоке 8 производится расчет значений финальных вероятностей для текущей обрабатываемой четверки.

$$p_{i,2k} = (1-d) \cdot \min\, p_{i,2k} + d \cdot \max\, p_{i,2k}$$

$$p_{i,2k+1} = p_{i-1,k} - p_{i,2k}$$

$$p_{i,2k+2^i} = p_{i-1,2k} - p_{i,2k}$$

$$p_{i,2k+1+2^i} = p_{i-1,2k+1} - p_{i,2k+1}$$

После обработки всех «четверок» текущего масштаба i получаем вероятности всех векторов длины i ($p_{i,m}, m = 0..(2^i - 1)$).

Результатом выполнения всех итераций цикла по i являются искомые (финальные) значения вероятностей векторов длины v.

Каждый шаг цикла (блоки 6-8) требует 8 операций сложения/вычитания и 2 операции умножения (будем считать, что операция min требует одной операции вычитания, а формулы в блоке 6 в расчете вычислительной сложности не учитываются).

Каждый шаг цикла «обрабатывает» одну «четверку». На масштабе v количество «четверок» есть величина 2^{i-2}. Количество «четверок», обрабатываемых на всех масштабах до $i=v$, есть величина $\sum_{i=2}^{v} 2^{i-2} = 2^{v-1} - 1$. Следовательно, количество операций сложения/вычитания для представленного алгоритма есть величина $8*(2^{v-1} - 1)$, т.е. сложность алгоритма $O(v)=2^{v-1}$.

Количество всех вариантов рассматриваемых рядов распределений есть величина $N = \prod_{i=2}^{v} (L_i)^{2^{i-2}}$. Пусть все значения $L_i=L$, тогда $N = \prod_{i=2}^{v} L^{2^{i-2}} = L^{2^{v-1}-1}$. Следовательно, вычислительная сложность алгоритма полного перебора рядов распределений масштаба k с количеством интервалов значений вероятностей в каждой «четверке» L определяется выражением

$$O(v, L) = 2^{v-1} \cdot L^{2^{v-1}-1}.$$

Таким образом, разработанный алгоритм обеспечивает возможность варьирования точностью описания статистических свойств ДСП посредством наличия параметров, описывающих связность ЦМ (максимальный масштаб) и количество интервалов значений вероятностей в группах на каждом масштабе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный сравнительный анализ вычислительной сложности известного алгоритма организации вычислительного эксперимента по исследованию статистических свойств ДСП в системах и разработанного алгоритма, реализующего представленный в работе метод, позволил сделать вывод о том, что предложенный алгоритм обладает пониженной вычислительной сложностью при обеспечении выполнения заданных требований к точности воспроизведения статистических свойств симулируемых ДСП. Метод позволяет снизить вычислительную сложность организации вычислительного эксперимента и обеспечивает возможность направленного перебора статистических свойств ДСП, позволяя тем самым получать более полную информацию о зависимостях исследуемых функций от значений параметров ряда распределения, характеризующего ДСП.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баруча-Рид А.Т. Элементы теории марковских процессов и их приложения. – М.: Наука, 1969. – 512 с.
2. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем. – М.: Издательство «Юрайт», 2012. – 343 с.

Петров Константин Евгеньевич
ФГКВОУ ВО «Академия Федеральной службы охраны Российской Федерации», г. Орел
Сотрудник

Тел.: 8 (4862) 54-95-70
E-mail: pke.orel@bk.ru

K.E. PETROV *(Employee)*
The Academy of Federal Security Guard Service of the Russian Federation, Orel

METHOD OF SIMULATION OF BINARY RANDOM SEQUENCES WITH DESIRED STATISTICAL PROPERTIES

The article proposes a method of simulation of random binary sequences with prescribed statistical properties

Keywords: *data system; markov's process; random binary sequence.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Barucha-Rid A.T. E'lementy' teorii markovskix processov i ix prilozheniya. – M.: Nauka, 1969. – 512 s.
2. Sovetov B.Ya., Yakovlev S.A. Modelirovanie sistem. – M.: Izdatel'stvo «Yurajt», 2012. – 343 s.

УДК 004.94+621.3.078.4

А.С. ТУГАРЕВ

ПРИМЕР ПОСТРОЕНИЯ БАЛАНСНОЙ РЕЙТИНГ-СИСТЕМЫ

В статье рассмотрены принципы построения динамических рейтинг-систем и описывается разработанная автором балансная рейтинг-система для спортивного варианта игры «Что? Где? Когда?».

Ключевые слова: *рейтинг-система; автоматическое регулирование.*

Рейтинг-система представляет собой способ сравнения множества однотипных объектов по какому-либо признаку при отсутствии возможности сравнения всех элементов сразу, но при наличии возможности сравнения их попарно или небольшими группами [1]. В некоторых случаях численные значения рейтингов имеют физический смысл (если рейтинги выражаются в виде процентов), но чаще рейтинговая шкала представляет собой шкалу отношений.

Рейтинг-система представляет собой надстройку над информационной системой, как правило, включающей базу данных и веб-интерфейс.

Рейтинг-системы могут быть: однокритериальными или многокритериальными (в которых интегральный рейтинг получается в результате скаляризации вектора показателей); статическими (для объектов, характеристики которых не меняются или почти не меняются во времени) или динамическими.

Характерным примером однокритериальных динамических рейтинг-систем являются спортивные рейтинг-системы. Они имеют цель адекватного ранжирования команд или игроков, в том числе и тех, которые ни разу не встречались в официальных соревнованиях. Спортивные рейтинг-системы известны с 30-х годов XX века (для шахмат и футбола), но их массовое использование началось с 90-х годов. В настоящее время рейтинг-системы реализованы для большинства видов спорта и активно внедряются в многопользовательских сетевых компьютерных играх.

К спортивным рейтинг-системам предъявляются следующие требования:

– адекватность – правильность ранжирования участников на всех этажах рейтинга, обеспечивающая высокую достоверность предсказания результатов соревнований (несмотря на то, что результаты турниров отчасти случайны);

– честность – блокирование способов занять высокое место в рейтинге не вполне честным образом (например, побеждая только заведомо более слабых соперников);

– логичность – открытость системы подсчета (в частности, возможность воспроизвести результат расчета соревнования без использования специализированного программного обеспечения – например, в табличном процессоре, возможность оценить достижимые результаты соревнования до его начала), минимизация субъективных факторов при выборе коэффициентов в расчетных формулах;

– высокая разрешающая способность в верхней части рейтинг-листа, снижающая влияние случайных факторов;

– разумный баланс между чувствительностью и робастностью (любые успехи должны вознаграждаться, но при наличии большого числа соревнований никакое из них по отдельности не должно приводить к радикальной перекройке рейтинг-листа);

– стабильность – приблизительное постоянство уровня очков на вершине рейтинг-листа, дающее возможность сравнения результатов разных лет – даже при увеличении числа участников рейтинга (для неправильно спроектированных рейтинг-систем часто характерна инфляция – постоянный рост численных значений рейтингов, особенно в верхней части рейтинг-листа);

– оперативность: возможность учета в рейтинге результатов, полученных на только что завершенных соревнованиях (наиболее разумным представляется еженедельный выпуск релизов рейтинга, поскольку соревнования чаще всего проводятся в выходные дни);

– приемлемая сложность реализации (возможность обсчитать рейтинг-лист, включающий несколько десятков тысяч объектов, в разумные сроки – за время, не превышающее нескольких десятков минут, желательно – в рамках той же базы данных, в которой агрегированы результаты).

Простейшим подходом к построению рейтинг-системы является аддитивный поход, при котором за определенные места на турнирах назначаются баллы, суммируемые в течение сезона или некоторого временного промежутка, отсчитываемого от даты выпуска релиза. Аддитивная рейтинг-система может быть неограниченной (учитывающей все баллы, набранные за временной промежуток) или ограниченной (учитывающей только N лучших баллов, что выравнивает шансы тех, кто выступал не на всех возможных турнирах). Часто в аддитивных системах используются дополнительные коэффициенты: повышающие (например, для статусных соревнований) и понижающие (для соревнований, отдаленных от текущей даты по времени). Проигрыши в аддитивных системах учитываются только как недополучение баллов.

Альтернативный подход к построению рейтинг-системы может быть назван балансным, в нем неудачные выступления ведут к непосредственному уменьшению рейтинга. Для спарринговых видов спорта, предполагающих противоборство между двумя игроками или командами, достаточно распространены балансные рейтинг-системы, основанные на байесовском подходе – сравнении априорной оценки вероятности результата встречи и апостериорной информации о результате. Наиболее известны байесовские рейтинг-системы для шахмат: система Эло и ряд альтернативных ей [1], а также рейтинг-система TrueSkill, разработанная корпорацией Microsoft для онлайновых многопользовательских игр Xbox LIVE [2].

Байесовские рейтинг-системы не слишком удобны для неспарринговых видов спорта, в которых итог определяется в результате последовательных выступлений или массового соревнования в единых условиях (в частности, балльных видов спорта – соревнований с начислением очков), хотя существуют подходы, позволяющие построить байесовские рейтинг-системы и для них [2, 3]. Кроме того, общей проблемой байесовских систем является сравнительно высокая сложность реализации (за счет самообучения, использования итеративных алгоритмов и т.п.) – так, например, система Стефенсона для шахмат, будучи более адекватной, чем система Эло, не была признана официальным рейтингом в том числе и из-за сложности расчетов.

Таким образом, при комплексном проектировании рейтинг-системы, включающей не только математическую модель, но и ее программную реализацию (в качестве надстройки к базе данных), использование более простых моделей и подходов может быть вполне целесообразным.

Концепция небайесовской балансной рейтинг-системы, разработанная автором данной статьи, включает следующие принципы:

1. Для начального запуска рейтинг-системы необходим стартовый рейтинг-лист $R(x)$ хотя бы на несколько десятков участников, ранжированный в примерном соответствии с реальной силой (например, по результатам какого-либо крупного турнира) и с абсолютными значениями, обеспечивающими линейный тренд при логарифмическом масштабе оси мест x (он обеспечивает как высокую разрешающую способность, так и стабильность при росте числа рейтингуемых объектов). В принципе, начальная последовательность команд может быть любой (даже случайной): адекватная шкала отношений (при сохранении формы тренда) формируется через некоторый промежуток времени, но примерно адекватная начальная расстановка позволяет уменьшить длительность переходных процессов.

2. Для каждого из участников турнира определяются прогнозируемое место M_P (при равенстве рейтингов – среднее арифметическое диапазона мест) и прогнозируемый балл B_P, вычисленный исходя из рейтинга данного участника и тех, кто занимает следующие за ним места в списке прогнозируемых мест:

$$B_P = C\sum_{i=1}^{15} t_i R_i \ , \qquad (1)$$

где t_i – коэффициент уменьшения влияния (например, геометрическая прогрессия с первым членом, равным 1, и коэффициентом 0,5); C – нормирующий коэффициент, определяемый по последнему перед турниром релизу рейтинга, исходя из возможности получения максимального бонуса (B_{max}=const) на турнире с максимально сильным из возможных составом участников (таким образом, эта рейтинг-система является дискретной системой автоматического регулирования, поддерживающей на каждом релизе рейтинга параметр B_{max}).

3. По результатам турнира для каждого из участников определяются занятое место M и балл B, равный прогнозируемому баллу для места M. Результат турнира для его участника:

$$D = z\left(k\left(B - B_P\right) + F\, e^{w(B-B_{\max})}\right), \qquad (2)$$

где z – коэффициент учета турнира (например, турниры, проводимые с упрощенной системой контроля, могут получать понижающий коэффициент); k – коэффициент учета отрицательных разностей (k=1 при $B_P<B$ и $k<1$ при $B_P>B$); F – максимальный добавочный бонус (например, на уровне 0,1..0,15 от B_{max}); w – коэффициент уменьшения добавочных бонусов, необходимый для того, чтобы существенную прибавку получали только победитель и призёры (например, при w=0,003 добавочный бонус за третье место будет примерно вдвое ниже бонуса за первое место).

4. Все значения D, полученные после предыдущего релиза, суммируются с рейтингом по предыдущему релизу.

Рейтинг-система, основанная на этих принципах, была разработана автором для спортивной версии игры «Что? Где? Когда?» (ЧГК) в 2014-2015 годах (при деятельном техническом участии Вячеслава Кочурко и с учетом ряда идей, выдвинутых сообществом игроков ЧГК) и была принята с сентября 2015 года в качестве официального рейтинга (с еженедельным пересчетом, начиная с 1998 года) [4].

Спортивное ЧГК представляет собой игру, в ходе которой команды играют на одних и тех же вопросах (обычно от 36 до 120) и получают по одному очку за каждый правильный ответ. В ЧГК существуют три типа турниров: очные (все играющие команды находятся в одном помещении), «синхронные» (игра проводится в различных городах в течение уикенда, количество участвующих команд может быть более тысячи) и «строго синхронные» (в различных городах, но действительно синхронно); в описываемой рейтинг-системе для них введены коэффициенты учета 1, 0,5 и 2/3 соответственно.

Среди особенностей ЧГК как спорта можно отметить возможность использования игроков из других команд и игроков, не приписанных ни к каким командам, участие в турнирах команд неполного состава и нерегулярных сборных. Для периода 1998-2006 (когда данные о составах команд на турнирах собирались нерегулярно или же эти данные не сохранились) рейтинг-система была реализована на основе базовых принципов; после 2006 года (когда в ЧГК стали учитывать преемственность команд к их базовым составам, заявленным на сезон) схема расчета уточнена для повышения адекватности. Технический рейтинг команды на турнире R_T вычисляется как умноженная на нормирующий коэффициент Q сумма индивидуальных рейтингов шести наиболее высокорейтинговых игроков, отсортированных по убыванию с коэффициентами 1, 5/6, 2/3, 1/2, 1/3, 1/6 (эксперименты с другими наборами монотонно убывающих коэффициентов показали меньшую адекватность). Коэффициент Q вычисляется при релизе – так, чтобы среднее значение отношения текущего

рейтинга R к техническому рейтингу по базовому составу R_B для лучших 100 команд, у которых в базовом составе не менее шести игроков, было равно 1.

Вспомогательный рейтинг игроков сделан аддитивным – суммируются семь лучших баллов B, набранных командами с участием игрока (баллы, набранные неделю и более назад, «усыхают» по геометрической прогрессии со знаменателем 0,99), это исключает возможность целенаправленной «подкрутки» рейтинга игроков вниз. Новым регулярным командам выдается стартовый рейтинг, равный $0{,}8R_B$ (для регулярных команд отношение рейтинга R/R_B, как правило, лежит в диапазоне 0,8..1,2). Коэффициент 0,8 является компромиссом между желательностью минимизации длительности переходного процесса выхода команды на адекватный ей рейтинг и нежелательностью мотивировать ребрендинг команд с низкими значениями R/R_B.

В уточненной рейтинг-системе, учитывающей вклад игроков, посев команды на турнире производится не по текущему рейтингу R, а по турнирному рейтингу R_G. Для беспреемственных и сборных команд $R_G=R_T$. Для регулярной команды, играющей турнир в усиленном или ослабленном составе

$$R_G = \frac{RR_T}{R_B} \text{ (но если } R_G < R_T \text{ , то принимается } R_G = R_T \text{).} \qquad (3)$$

В ходе проектирования рейтинг-системы рассматривалась возможность адаптивного изменения не только нормирующих коэффициентов C и Q, но и коэффициентов k и F – для стабилизации уровня рейтингов в верхней части таблицы. Выяснилось, что в этом нет необходимости: достаточно высокая стабильность имеет место и при постоянных значениях этих коэффициентов (k=0,5 и F=300 при B_{max}=2300), а быстрое изменение коэффициентов может привести к потере устойчивости.

В спортивном ЧГК в течение последних 20 лет использовались несколько рейтинг-систем [5]:

– «одесский рейтинг» (1996), базировавшийся на принципах рейтинга Эло;

– «саранский рейтинг» (1998-2000) – аддитивный, с субъективным выбором коэффициентов;

– рейтинг Физтеха (2000-2003) – балансный, но со сложной и неочевидной моделью начисления бонусов и штрафов;

– рейтинг по системе Муна (2004-2010) – аддитивный с выбором пяти лучших для команды бонусов за год;

– так называемый «серый» рейтинг МАК (2010-2015) – сходный с рейтингом по системе Муна, но с использованием формулы (1).

Все эти рейтинги были спроектированы с рядом системных ошибок, приведших их (через некоторое время после запуска) к очевидно неадекватному ранжированию, хотя и по различным причинам.

Можно также отметить рейтинг израильских команд (2005-2013) – балансный, базирующийся на числе верных ответов команды на турнире, но также не слишком удачный.

Интерес представляет концепция построения рейтинг-системы для ЧГК на основе байесовского подхода [2, 3]. К сожалению, отсутствие в открытом доступе результатов расчетов по этой модели (существенно более сложной, чем вышеописанная) не позволяет оценить ее адекватность.

В качестве критериев адекватности при проектировании рейтинг-системы рассматривались коэффициенты корреляции между M_P и M или между B_P и B (а также для числа предсказанных и «взятых» командами вопросов – но не для всех турниров эта информация известна), а в качестве интегрального показателя – сумма коэффициентов корреляций на турнирах за год (максимизация этого критерия позволила произвести выбор коэффициентов.

На рисунках 1-3 показаны графики, характеризующие разработанную рейтинг-систему. Можно видеть, что: а) рейтинг система лучше всего стабилизирует уровень 20 места, а ниже этого места уровень баллов неизбежно растет вследствие увеличения числа рейтингуемых команд; б) адекватность предсказания улучшилась после перехода на усложненную схему расчета.

Предполагается, что на аналогичной основе могут быть построены и другие спортивные рейтинг-системы.

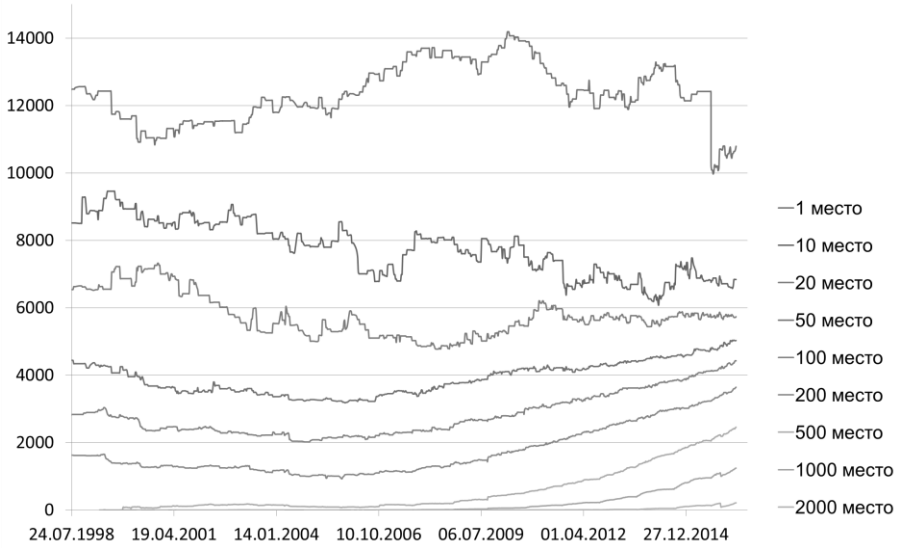


Рисунок 1 – График изменения рейтингов с 1998 по 2016 гг.

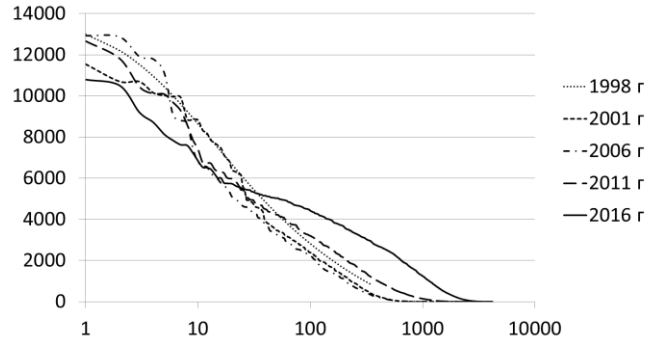


Рисунок 2 – Тренд рейтинга в различные годы

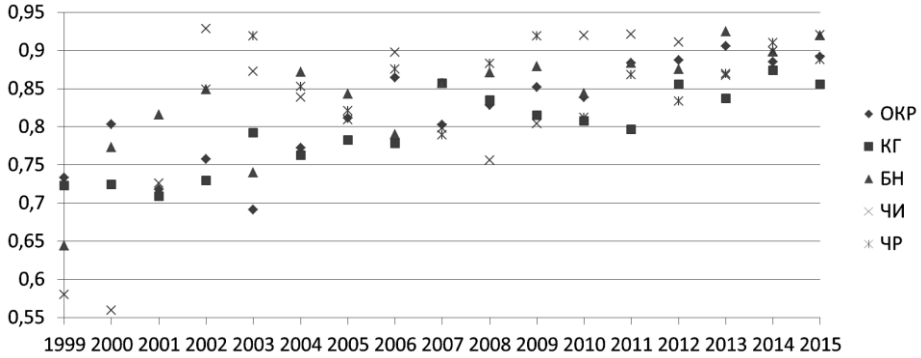


Рисунок 3 – Значения коэффициентов корреляции между предсказанными и полученными командами бонусами для ряда ежегодно проводимых турниров
(Открытый кубок России, Кубок городов, Белые ночи, чемпионат России, чемпионат Израиля)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авдеев В.А. Исследование вероятностных моделей рейтинговых систем. Диссертация кандидата физико-математических наук. – М., 2016 [Электронный ресурс]. – URL: mech.math.msu.su/~snark/files/diss/0110diss.pdf (дата обращения: 15.05.2016).
2. Николенко С.И., Сердюк Д.В., Сироткин А.В. Байесовские рейтинг-системы с учетом дополнительной информации о результатах // Труды СПИИРАН, 2012. – Т. 22. – С. 189-204.
3. Nikolenko S.I. A Probabilistic Rating System for Team Competitions with Individual Contributions. Proc. 4th International Conference on Analysis of Images, Social Networks, and Texts (AIST 2015), CCIS. – Volume 542, Springer, 2015. – P. 3-13.
4. «Что? Где? Когда?» (спортивная версия). Официальный рейтинг МАК [Электронный ресурс]. – URL: rating.chgk.info/index.php (дата обращения: 15.05.2016).
5. Тугарев А.С., Кочурко В.А. Проектирование саморегулирующейся рейтинг-системы // ИТНОП-2014 [Электронный ресурс]. – URL: irsit.ru/article458 (дата обращения: 15.05.2015).

Тугарев Алексей Святославович
ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева»», г. Орел
Кандидат технических наук, доцент
Тел.: 8 906 661 57 90
E-mail: tugarev@yandex.ru

A.S. TUGAREV *(Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor)*
Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel

AN EXAMPLE OF THE CONSTRUCTION OF BALANCED RATING SYSTEMS

The article discusses the principles of dynamic rating systems and the author describes his balanced rating system for the sports version of game «What? Where? When?».

Keywords: *rating system; automatic regulation.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Avdeev V.A. Issledovanie veroyatnostny'x modelej rejtingovy'x sistem. Dissertaciya kandidata fiziko-matematicheskix nauk. – M., 2016 [E'lektronny'j resurs]. – URL: mech.math.msu.su/~snark/files/diss/0110diss.pdf (data obrashheniya: 15.05.2016).
2. Nikolenko S.I., Serdyuk D.V., Sirotkin A.V. Bajesovskie rejting-sistemy' s uchetom dopolnitel'noj informacii o rezul'tatax // Trudy SPIIRAN, 2012. – T. 22. – S. 189-204.
3. Nikolenko S.I. A Probabilistic Rating System for Team Competitions with Individual Contributions. Proc. 4th International Conference on Analysis of Images, Social Networks, and Texts (AIST 2015), CCIS. – Volume 542, Springer, 2015. – P. 3-13.
4. «Chto? Gde? Kogda?» (sportivnaya versiya). Oficial'ny'j rejting MAK [E'lektronny'j resurs]. – URL: rating.chgk.info/index.php (data obrashheniya: 15.05.2016).
5. Tugarev A.S., Kochurko V.A. Proektirovanie samoreguliruyushhejsya rejting-sistemy' // ITNOP-2014 [E'lektronny'j resurs]. – URL: irsit.ru/article458 (data obrashheniya: 15.05.2015).

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ И ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

УДК 004

Н.С. ЕЛЬЦОВА, В.Т. ЕРЕМЕНКО, А.В. КОСЬКИН,
Д.С. МИШИН, Я.Д. МИШИН

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ МОДЕЛЕЙ ПРОЦЕССОВ ПОЛУЧЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ В ПОРТАЛАХ ОРГАНОВ ИСПОЛНИТЕЛЬНОЙ ВЛАСТИ НА ОСНОВЕ ОПЕРАТОРНЫХ СХЕМ

В статье рассмотрено использование операторных схем при интерпретации моделей процессов получения и обработки информации в порталах органов исполнительной власти. Представлены способы и приемы описания технологических процессов, предложена функционально-структурная модель получения и обработки информации, а также операторно-схемная интерпретация технологических процессов.

Ключевые слова: *получение и обработка информации; операторная схема; операторно-структурная интерпретация.*

ВВЕДЕНИЕ

В век информационных технологий каждую из существующих сфер жизни стараются совершенствовать в соответствии с требованиями современного общества, что требует обеспечения систематизации процесса обработки данных. Наиболее эффективным вариантом решения данной проблемы является построение протекающих процессов на основе операторных схем.

Операторная схема представляет собой аналитическую форму представления алгоритма (программы) с помощью операторов, действующих на некоторые элементы информации. Причем для каждого оператора известны объекты, являющиеся его аргументами и результатами, а также операторы, которые могут выполняться вслед за ним. Таким образом, операторная схема определяется набором операторов, набором элементов информации и двумя типами связей:

– управляющей, если оператор B может выполняться вслед за оператором A;

– информационной, если оператор B воспринимает в качестве своего аргумента результат оператора A.

Информационные связи обычно указываются косвенно с помощью названий переменных величин, принимающих значения результатов и аргументов операторов [1].

Моделирование на основе операторных схем позволяет представить процессы получения и обработки информации в виде некоторой системы. Данное решение позволяет привести разрабатываемые модели к единой схеме описания, что позволяет формализовать и упростить их интерпретацию.

На данный момент операторные схемы имеют как свои стандарты и графические обозначения, так и собственный набор интерпретируемых множеств, что позволяет разработать на их основе собственные модели получения и обработки информации.

СПОСОБЫ И ПРИЕМЫ ОПИСАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПОЛУЧЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ

Изучение используемых способов описания технологических процессов получения и обработки информации в корпоративных порталах органов исполнительной власти позволяет говорить о целесообразности систематизации теоретико-множественных моделей

процессов с использованием операторных схем, которые представляют собой аналитическую форму представления алгоритма с помощью операторов воздействующих на некоторые элементы информации. Рассматриваемые схемы обладают перечнем определенных свойств:

– представление в единой схеме стандартизированного описания множества процессов;

– представление совокупности операций, связей, ресурсных переменных, логики и пространственно-временных параметров технологии с использованием минимальных графовых средств;

– проработанность теоретических вопросов;

– возможность использования средств вычислительной техники и подходов CASE, UML, IDEF;

– общепринятая размерность описания технологий и процессов и достоверная простота интерпретации;

– использование результатов теоретического параллельного программирования для разработки диагностического варианта для множества реконфигурируемых процессов;

– приспособленность к имитационному моделированию.

Операторные схемы могут отображаться посредством классических схем алгоритмов, которые признаются в качестве фундаментального языка описания автоматизированных систем [2].

Общепринято, что использование схем алгоритмов позволяет наглядно представить структуру последовательного управления посредством формального описания множества операторов, логических условий и взаимных переходов от одних операторов к другим. При этом описание может включать в себя подмножество преобразований, распознавателей, а также операторов начала и окончания алгоритма. Традиционно в схемах принято начало операторов располагать сверху или слева, передача управления имеет направление сверху вниз или слева направо, а конец оператора располагается снизу или справа.

Посредством схемы алгоритма отображается процесс выполнения технологии моделируемой системы. Представление основано на последовательности прохождения операторов алгоритма по схеме при выполнении заданного набора логических условий.

Совершенствование и повышение эффективности используемых схем алгоритмов позволяет расширить перечень классов описываемых систем процессов и решаемых задач. Все это приводит к созданию таких моделей, как параллельные граф-схемы алгоритмов, операторные схемы программ, стандартные схемы программ, ярусно-параллельные схемы [3].

Схемы программ сохраняют значительную часть структурных свойств программ, что позволяет строить и графически отображать многие характеристики посредством формальных символов. В целом процесс получения и обработки информации представляет собой совокупность таких составляющих, как управляющий граф, информационный граф и интерпретация. То есть в отличие от схемы алгоритма, которая определяет состав операторов, последовательность и логику выполнения, схема программы, кроме этого, предоставляет возможность определить информационные, логические и конкуренционные зависимости посредством введения переменных и кортежей. Передача результатов от одних операторов на вход других определяется наличием управляющих, информационных, логических и конкуренциональных операторных зависимостей.

Исключение ошибок в вычислительном процессе и оптимизация используемой памяти персонального компьютера является основной целью построения схем программ и их последующего анализа. Таким образом, использование схем программ с учетом наличия описания исходных данных и результатов операций, а также интерпретируемость операций технологического процесса позволяют применять их для описания технологий и процессов получения и обработки информации. Все это обосновывает использование операторно-схемного подхода при анализе и диагностике технологического процесса [4].

Для построения операторных схем описания технологических процессов получения и обработки информации необходимо определить типовые компоненты графовых форм и классы моделируемых процессов, что позволяет применять их для конкретного описания технологических процессов. Для разработки моделей эти процессы целесообразно представить в виде совокупности упорядоченных операций с управляющими и ресурсными связями. Отобразить модель позволяют следующие множества:

- множество актов операций технологии обработки информации – A;
- множество предикатов – P;
- множество управляющих связей – U;
- множество связей – R;
- множество назначений операции – C;
- множество вычислительных ресурсов – M.

Операционно-событийные модели процессов получения и обработки информации, построенные на основе операторных схем алгоритмов и программ, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Операционно-событийные модели процессов операторных схем алгоритмов и программ

Вид	**Графовые компоненты**	**Модель процесса получения и обработки информации**
Схема алгоритма	Операторы и управляющие связи	$TP =< TL(A,P,U), RL^{a\iota z}, E(a,p,u) >$
Схема программы	Операторы, кортежи и управляющие связи	$TP =< TL(A,C,M,P,U), RL^{a\iota z}, E(a,c,m,p,u) >$
Асинхронная схема	Операторы, кортежи, ресурсные и логические связи	$TP =< TL(A,M,P,R), RL^{a\iota z}, E(a,m,p,r) >$

ФУНКЦИОНАЛЬНО-СТРУКТУРНАЯ МОДЕЛЬ ПОЛУЧЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ

Теория алгоритмических вычислений и теория параллельного программирования при анализе и сравнении вычислительных процессов основывается на доказательстве их эквивалентности, основанном на сравнении не только значений функций, но и истории вычисления в процессе выполнения. Таким образом, модель процесса можно представить в виде следующей функционально-структурной модели [5]:

$$TP =< TL, RL, E >, \quad (1)$$

где реализацию RL можно отобразить как

$$RL: TL \times TL \to E, \quad (2)$$

где E – совокупность событий, характеризующих процесс получения и обработки информации.

Объединенная модель изменяющихся процессов $TP^{изм.проц.}$ при фиксированной технологии является множеством моделей, отличающихся по таким компонентам как реализации и событиям:

$$TP^{изм.проц.} = \{TP_n\}, TP_n =< TL, RL_n, E_n >, \quad (3)$$

где n=1,2,…,n_k – порядковый номер реализации и процессов получения и обработки информации.

Естественным способом определения совокупности событий E_n является ее представление в виде активации элементов теоретико-множественного представления, а именно – изменений в пространстве и времени значений соответствующих признаков:

$$E_n \subseteq g_n \times s_n \times t_n, \quad (4)$$

где g_n – множество, включающее признаки активации виртуальных операций, предметов, ресурсов и связей; s_n – множество признаков активации пространственных координат событий; t_n – множество признаков активации временных координат событий.

К признакам активации можно отнести [5]:

– a_i – признак активизации операции, $a_i \in a$;

– p_l – признак активизации предиката, $p_l \in p$;

– u_{ij} – признак активизации управляющей связи, $u_{ij} \in u$;

– v_{ij} – признак активизации ресурсов связи, $v_{ij} \in v$;

– другие признаки в соответствии с основными множествами.

Элементарное событие в модели процесса получения и обработки информации можно описать следующим образом:

$$e_y = (g_i, s_i, t_i), \quad (5)$$

где $e_y \in E_n$, y=1,2,…,y_k.

То есть $g_i = a_i$ описывает активизацию i-ой операции.

Учитывая представленные модели и таблицу 2, можно говорить о соответствии активизации элементов теоретико-множественной модели технологии и элементов схемы. В этом случае реализация технологии является расширением понятия реализации схем алгоритмов и программ.

Одной из основных особенностей графовых операторных схем вычислений является графическое представление в единой схеме множества процессов с помощью операторов, действующих на некоторые элементы информации. При этом для каждого оператора известны входные данные и определены логические условия (порядок) протекания процесса. Существующие требования к массовости технологии и ее универсальности основываются на существовании множества реализаций и совокупности событий в зависимости от наборов значений предикатов, из чего следует, что операторная схема технологии является объединенной схемой возможных процессов [6].

Процедура проверки корректности и верификации операторных схем, распознавание эквивалентности и изоморфизма и т.д. являются теоретическими проблемами анализа процессов в автоматизированных системах получения и обработки информации и неоднократно рассматривались ранее в различных работах.

Вопросы практической схематизации проявляются в задачах интерпретации и синтеза схем, процессах автоматизации разработки, визуализации и редактирования, хранения схем с использованием специализированного программного обеспечения и средств вычислительной техники.

В целом задача построения операторных схем решается посредством формализации (трансляции) по аналогии с задачами построения схем алгоритмов. К используемым неформализованным описаниям технологий относят:

– комплект технологической документации;

– материалы экспертизы технологий и процессов получения и обработки информации;

– графическое отображение технологического процесса получения и обработки информации;

– комплект инструкций для пользователей и администраторов автоматизированных систем получения и обработки информации;

– набор нормативных правовых актов в соответствии с установленным перечнем.

ОПЕРАТОРНО-СХЕМНАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПОЛУЧЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ В КОРПОРАТИВНЫХ ПОРТАЛАХ ОРГАНОВ ИСПОЛНИТЕЛЬНОЙ ВЛАСТИ

Для моделей технологических процессов функционирования элементов автоматизированных систем получения и обработки информации в органах исполнительной власти целесообразно использовать операторно-схемную интерпретацию. В этом случае рассматриваемую модель процесса получения и обработки информации можно представить в виде совокупности следующих компонент:

– схемы технологии, построенной на основе стандартизированного набора графических символов операторов, связей и координат;

– реализаций схемы, определяющих правила активации элементов;

– таблиц признаков активации, в которых представлены совокупности событий, при вариантах реализации, упорядоченные во времени.

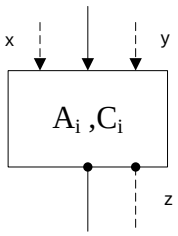
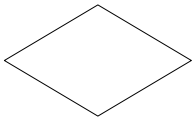
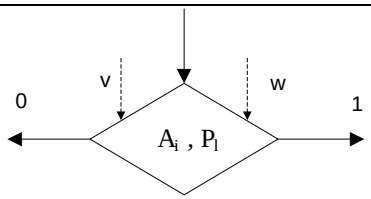
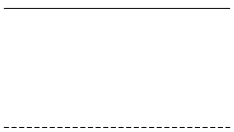
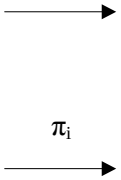
Для построения операторной схемы с учетом множественности возможных реализаций введем обозначения: SP – схема технологического процесса (scheme of process), ST – схема технологии (scheme of technology). RS – реализация схемы (realization of the scheme), TA – таблица признаков активации элементов схемы (table of attributes of activation). Теперь схему можно представить как

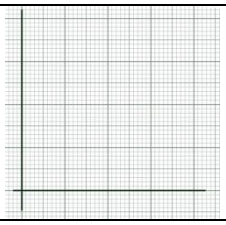
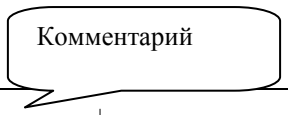
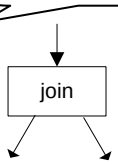
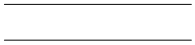
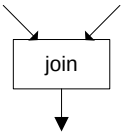
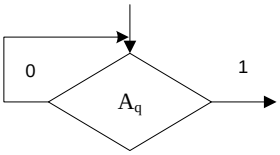
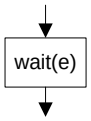
$$SP = (ST,RS,TA), \quad (6)$$

где RS и TA – множества реализаций и таблиц признаков активации элементов.

Графически обозначения для операторных схем процессов приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Графические обозначения в операторных схемах

Обозначения по ГОСТ 19.701-90		**Графические обозначения**	
Обозначение	**Содержание**	**Содержание**	**Обозначение**
	Процесс	Оператор преобразователь	
	Решение	Оператор распознаватель	
	Линия (поток данных или управление) Пунктирная линия (альтернативная связь между символами)	Безусловные управляющие связи Логические связи Ресурсные связи	

	Отсутствует	Координатная сетка «пространство – время»	
	Комментарии	Комментарии к схеме	
	Параллельные действия	Распараллеливание управления	
	Параллельные действия	Завершение параллельного управления	
	Оператор ожидания события	Оператор ожидания события	

Практически любая операторная схема включает в свой состав заданную схему технологии и способ описания вариантов реализации. Схема технологии задается статически с использованием как определенных графических изображений, так и символов множеств. Описание вариантов реализации схемы осуществляется при помощи реализационной схемы и таблиц признаков активации [7].

Операторно-схемная интерпретация соответствует ряду существующих аксиом и определяет взаимодействие между множествами теоретико-множественной модели технологического процесса и элементами операторной схемы. Кроме того, она соответствует предъявляемым условиям корректности и правилам конструирования.

Требования к процессам получения и обработки информации, являющимся совокупностью операций, упорядоченных в пространстве и времени, а также выполняющим преобразования заданных ресурсов, наглядно отражаются в операторной схеме.

Необходимо обратить внимание на тот факт, что в операторных схемах отражается такое свойство процесса получения и обработки информации, как конечная совокупность операций, которая упорядочивается по времени и пространству, а также обеспечивает преобразованием ресурсов. Кроме того, в операторных схемах отражаются свойства дискретности, универсальности, массовости и результативности технологического процесса. Таким образом, можно говорить об обработке различных ресурсов с учетом множества операций, логики выполнения ими достигаемого результата.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В целом к особенностям операторных схем процессов получения и обработки информации можно отнести:

1. Операторные схемы в отличие от схем алгоритмов, программ и параллельных вычислений описывают множество операций и отношения между ними с указанием пространственных и временных координат операторов, их реализаций и событий.

2. Использование в схемах процессов получения и обработки информации таких видов операторов, как распознаватели и преобразователи, по аналогии с известными схемами алгоритмов и программ.

3. Агрегация актов, назначений и ресурсных переменных в операторных схемах.

4. Разделение ресурсных переменных на входные и выходные в соответствии с запуском и окончанием оператора.

5. Соответствие событий в процессах признакам активации элементов схемы и отображение их в таблицах с использованием абсолютного, относительного или тактового времени.

6. Свойства неделимости оператора в пространстве и следования событий запуска и окончания оператора во времени. То есть в событиях $e_1 = (a_i^з, s_i^з, t_i^з)$ и $e_2 = (a_i^к, s_i^к, t_i^к)$ выполняется $s_i^з = s_i^к$ и $t_i^к$ обязательно следует за $t_i^з$, где ^{з} относится к запуску, а ^{к} – к окончанию операции. В этом случае совокупность событий при реализации схем представляется в виде ленточных пространственно-временных диаграмм. При построении операционно-событийной модели процессов допускается использование пространственно-временных диаграмм событий с различными координатами начала и окончания операции в пространстве и времени.

7. Конфигурация характеризуется предикатом, указывающим на неизменность порядков при разных реализациях:

$$CF_q(RL_n, S^q, T^q): RL_n \subset RL^q \Leftrightarrow (S_n = S^q) \wedge (T_n = T^q), \quad (7)$$

где RL^q – реализации с конфигурацией q.

Конфигурация является мерой оценки изменений в повторяющихся (в течение эксплуатационного цикла АСУ) реализациях технологии получения и обработки информации. При этом отражается совпадение процессов с точностью до взаимного расположения признаков событий [5].

Конфигурация определяет множество процессов TP^q, совпадающих с точностью до порядков событий, для которых верно соотношение

$$RL_n \subset RL^q \Leftrightarrow TP_n \subset TP^q. \quad (8)$$

Реконфигурация технологического процесса представляет собой упорядоченную пару конфигураций

$$RC_r = < CF_r, CF_{r+1} >, \quad (9)$$

где CF_r и CF_{r+1} – текущая и следующая конфигурации, r=1,2,…,r_k.

Основываясь на представленных выражениях и определениях таблиц признаков активации, конфигурации и реконфигурации процессов однозначно определяются по указанным таблицам, при этом способом распознавания реконфигурации является сопоставление таблиц для разных реализаций схемы при равных наборах значений предикатов в операторах-распознавателях.

8. Изменение вида операторных схем или класса вследствие сужения многоаспектности операционно-событийной модели.

9. Использование в операторных схемах фрагментов с разными реализациями в одной схеме.

10. Описание параллелизма процессов в операторных схемах. В этом случае в описании используются переменные в кортежах, операторы в разных пространственных координатах, связи разных видов, реализации с множественной активацией, одновременные события.

Использование операторных схем при интерпретации моделей обработки данных влечет за собой ряд преимуществ. Во-первых, позволяет описывать множество процессов в едином, стандартном виде, что значительно повышает правильность их восприятия. Все процессы, протекающие в схемах, имеют собственное обозначение, что позволяет наглядным образом показать их назначение и принципы работы. Во-вторых, при создании операторной схемы появляется возможность осуществить ее моделирование, а также программную реализацию, что позволяет рассмотреть имитацию действия процесса на практике.

Процессы получения и обработки информации органов исполнительной власти реализуются путем синтеза схемы осуществления данного процесса и вариантов ее практической реализации, что позволяет не только систематизировать процесс интерпретации принципа работы с данными, но и оптимизировать сам процесс.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глушков В.М., Амосов Н.М., Артеменко И.А. Энциклопедия кибернетики. Том 2. – Киев, 1974.
2. Еременко В.Т., Тютякин А.В. Методологические аспекты выбора профилей сбора и обработки данных в системах неразрушающего контроля и диагностики технических объектов // Контроль. Диагностика, 2013. – № 1. – С. 24-31.
3. Еременко В.Т. и др. Синтез локально-оптимальной структуры классификатора информационных ресурсов по критерию минимума средней длины процедуры поиска / В.Т. Еременко А.А. Батенков., И.С. Полянский, К.А. Батенков, М.А. Сазонов // Вестник компьютерных и информационных технологий, 2013, № 7. – С. 3-8.
4. Еременко В.Т., Полянский И.С., Беседин И.И. Методологические аспекты синтеза оптимальной древовидной структуры в системах сбора и обработки информации // Вестник компьютерных и информационных технологий, 2013. – № 11. – С. 15-21.
5. Еременко В.Т., Мишин Д.С., Мишин Я.Д. Методологические аспекты диагностирования компонентов систем получения и обработки информации в порталах органов исполнительной власти // Информационные системы и технологии, 2016. – № 3. – С. 57-66.
6. Еременко В.Т., Фисенко В.Е., Фисун А.П. Методы и модели оценки надежности распределенных систем обмена данными: монография. – Орел: Издательство «Госуниверситета – УНПК», 2014. – 197 с.
7. Еременко В.Т. и др. Анализ технических решений по построению модульных структур сбора и обработки данных газотранспортных предприятий / В.Т. Еременко, Д.С. Мишин, А.Н. Осипов, Н.Г. Пеньков, А.Г. Полякова, С.Н. Иванова // Информационные системы и технологии, 2014. – № 2(82). – С. 93-100.

Ельцова Надежда Сергеевна
ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г. Орел
Студент кафедры «Электроника, вычислительная техника, информационная безопасность»

Еременко Владимир Тарасович
ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г. Орел
Доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Электроника, вычислительная техника, информационная безопасность»,
Тел.: 8 920 812 65 64
E-mail: wladimir@orel.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: koskin@ostu.ru

Мишин Дмитрий Станиславович
ФГКОУ ВО «Орловский юридический институт МВД России им. В.В. Лукьянова», г. Орел

Кандидат юридических наук, доцент кафедры «Информационные технологии в деятельности органов внутренних дел»
Тел.: 8 903 880 23 45
E-mail: mishinds@mail.ru

Мишин Ярослав Дмитриевич
ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г. Орел
Студент кафедры «Электроника, вычислительная техника, информационная безопасность»

N.S. EL'COVA *(Student of the Department «Electronics, Computer Engineering, Information Security»)*

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

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

D.S. MIShIN *(Candidate of Juridical Sciences,*
Associate Professor of the Department «Information Systems in activity Ministry of Internal Affairs»)
Law Institute of the Russian Interior Ministry named V.V. Luk'yanov, Orel

Ya.D. MIShIN *(Student of the Department «Electronics, Computer Engineering, Information Security»)*
Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel

INTERPRETATION OF THE MODEL PROCESS OF OBTAINING AND PROCESSING DATA IN PORTALS EXECUTIVE AUTHORITIES ON THE BASIS OF OPERATOR SCHEMES

The article deals with the use of operator schemes in the interpretation of models of processes of reception and processing of information in the portals of the executive power. Presents the methods and techniques to describe processes, proposed functional-structural model of obtaining and processing information, as well as operator-interpretation of a circuit manufacturing processes.

Keywords: *acquisition and processing of information; the operator scheme; operator-structural interpretation.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Glushkov V.M., Amosov N.M., Artemenko I.A. E'nciklopediya kibernetiki. Tom 2. – Kiev, 1974.
2. Eremenko V.T., Tyutyakin A.V. Metodologicheskie aspekty' vy'bora profilej sbora i obrabotki danny'x v sistemax nerazrushayushhego kontrolya i diagnostiki texnicheskix ob''ektov // Kontrol'. Diagnostika, 2013. – № 1. – S. 24-31.
3. Eremenko V.T. i dr. Sintez lokal'no-optimal'noj struktury' klassifikatora informacionny'x resursov po kriteriyu minimuma srednej dliny' procedury' poiska / V.T. Eremenko A.A. Batenkov., I.S. Polyanskij, K.A. Batenkov, M.A. Sazonov // Vestnik komp'yuterny'x i informacionny'x texnologij, 2013, № 7. – S. 3-8.
4. Eremenko V.T., Polyanskij I.S., Besedin I.I. Metodologicheskie aspekty' sinteza optimal'noj drevovidnoj struktury' v sistemax sbora i obrabotki informacii // Vestnik komp'yuterny'x i informacionny'x texnologij, 2013. – № 11. – S. 15-21.
5. Eremenko V.T., Mishin D.S., Mishin Ya.D. Metodologicheskie aspekty' diagnostirovaniya komponentov sistem polucheniya i obrabotki informacii v portalax organov ispolnitel'noj vlasti // Informacionny'e sistemy' i texnologii, 2016. – № 3. – S. 57-66.
6. Eremenko V.T., Fisenko V.E., Fisun A.P. Metody' i modeli ocenki nadezhnosti raspredelenny'x sistem obmena danny'mi: monografiya. – Orel: Izdatel'stvo «Gosuniversiteta – UNPK», 2014. – 197 s.
7. Eremenko V.T. i dr. Analiz texnicheskix reshenij po postroeniyu modul'ny'x struktur sbora i obrabotki danny'x gazotransportny'x predpriyatij / V.T. Eremenko, D.S. Mishin, A.N. Osipov, N.G. Pen'kov, A.G. Polyakova, S.N. Ivanova // Informacionny'e sistemy' i texnologii, 2014. – № 2(82). – S. 93-100.

УДК 658.512.6

В.А. ЗУБАРЕВА, Р.А. ЛУНЕВ, А.Б. НЕЧАЕВА,
И.И. ПЯТИН, Д.В. РЫЖЕНКОВ, А.А. СТЫЧУК, А.Е. ЯСТРЕБКОВ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА

В данной статье описывается использование информационных технологий для решения проблем городского хозяйства. Приведена логическая схема построения сети электронной услуги быстрого реагирования для решения проблем городского хозяйства на основе автоматической обработки заявок с помощью системы ключевых слов или хештегов. Описаны методологические основы использования информационных технологий для решения проблем городского хозяйства на базе технологии мобильных приложений быстрого реагирования, что позволит создавать масштабируемые решения.

Ключевые слова: *интеллектуальное управление городским хозяйством; «умный город»; информационные технологии; электронная услуга; обслуживание населения; облачные технологии.*

Методологические основы использования информационных систем для сбора информации от жителей города, первичной обработки и анализа полученной информации, доведение ее до соответствующих городских служб в соответствии с определенной настраиваемой системой приоритетов позволят решить значительную часть проблем управления городским хозяйством в рамках концепции «умного города». Использование информационных технологий для решения проблем городского хозяйства является актуальной задачей требующей дополнительной проработки.

Подробнее остановимся на каждой из технологий «умного города», где использование информационных систем выглядит наиболее перспективным [1]:

1. Мобильное приложение быстрого реагирования – технология, направленная на оперативное оповещение городских служб об обнаруженной проблеме с помощью приложения мобильного телефона или смартфона.

2. «Умный дом» – технологии интеллектуального управления домом, позволяющие обеспечить автоматическую и согласованную работу всех систем жизнеобеспечения и безопасности.

3. Различные приложения на основе открытых данных – инициативы в сфере разработки приложений на основе открытых данных, которые способствуют созданию множества полезных мобильных сервисов для жителей города.

4. Интеллектуальная система общественного транспорта – комплекс взаимосвязанных автоматизированных систем, направленных на решение задач управления дорожным движением, мониторинга и управления работой транспорта, информирования граждан и предприятий об организации транспортного обслуживания на территории региона.

5. Система оповещения о чрезвычайных ситуациях – существование подобных систем позволило бы в значительной степени минимизировать последствия многих стихийных бедствий, терактов и других чрезвычайных ситуаций.

6. Мобильные платежи – операции с денежными средствами, осуществляющиеся с помощью устройства мобильной телекоммуникационной сети при оказании электронных услуг населению.

Технологии «умного дома», мобильных платежей, а также различные приложения на основе открытых данных в конечном счете направлены на обеспечение комфорта пользователей без привязки к решению проблем городского хозяйства. Это технологии общего пользования. Если же рассматривать технологии «умного города» применительно к решению проблем городского хозяйства, то важно отметить следующую особенность. Технологии «умного города», такие, как мобильные приложения быстрого реагирования,

интеллектуальная система общественного транспорта, система оповещения о чрезвычайных ситуациях, при использовании их в решении проблем городского хозяйства целесообразно строить на базе геоинформационных сервисов или систем геолокации.

Использование геоинформационного сервиса или систем геолокации при создании электронной услуги населению с использованием технологий мобильных приложений быстрого реагирования позволит определять и наглядно демонстрировать местоположение возникшей проблемы, о которой сигнализируют жители города [2]. Современные технические средства в полной мере используют средства позиционирования, что позволяет получать точные координаты местоположения, откуда поступил сигнал о проблеме. При использовании средств геокодирования существует возможность определить местоположение вплоть до точного адреса, по которому необходимо устранить возникшее неудобство. В технологии интеллектуальных систем общественного транспорта также целесообразно использовать системы геолокации для решения проблем заторов на дорогах города, объезда возникших пробок, аварий, более эффективного построения маршрутов движения общественного транспорта с целью охвата большего количества пассажиров и т.д. Системы оповещения о чрезвычайных ситуациях, помимо популярных на сегодняшний день смс-рассылок от МЧС, могут предоставлять жителям города более полную информацию о пожарах, наводнениях и иных опасных аварийных ситуациях, с которыми они могут столкнуться. Каждая из этих технологий применительно к решению проблем городского хозяйства может быть очень полезной и на практике обеспечит повышение качества жизни населения города. Данные технологии направлены на повышение качества жизни в городе при непосредственном участии его жителей. Это является одним из важнейших постулатов создания современной, высокоэффективной системы управления городским хозяйством.

Технология мобильных приложений быстрого реагирования, в первую очередь, направлена на оперативное оповещение городских служб об обнаруженной проблеме с помощью приложения мобильного телефона или смартфона. Данная технология является неотъемлемой частью «безопасного города». В условиях современного города данный механизм оповещения городских служб является наиболее простым и универсальным способом, который позволит оперативно получать информацию о существующих проблемах города, вовлекая в процесс решения городских проблем население [3]. Для примера можно рассмотреть достаточно распространенную ситуацию, когда открытый канализационный люк на дороге или неисправный светофор затрудняют движение автотранспорта, осложняя тем самым жизнь жителей города. В этом случае с помощью мобильного приложения быстрого реагирования жители могут известить ответственные органы о возникшей проблеме, просто, например, сфотографировав обнаруженную неисправность. Данная электронная услуга посредством существующих технических решений доставит эту информацию незамедлительно в информационный центр для дальнейшей ее обработки и устранения возникшей неисправности. Развитие технологий позволяет в черте города без особенных проблем передавать информацию со смартфонов посредством сети Интернет.

Важно также отметить, что чем существеннее возникшая проблема для жителей города, чем больше она доставляет неудобств, тем большее количество оповещений о ней будет поступать в информационный центр. Это позволит ранжировать важность и срочность устранения тех или иных возникших проблем. Вся передаваемая в ситуационный центр и из него информация должна храниться для последующей обработки с целью выявления закономерностей в работе коммунальных служб и возникающих проблем в городе. Также важно организовать доступ на базе облачных технологий к этой информации с целью ее использования различными электронными услугами [4].

Логическая схема построения сети электронной услуги населению на базе технологии мобильных приложений быстрого реагирования представлена на рисунке 1.

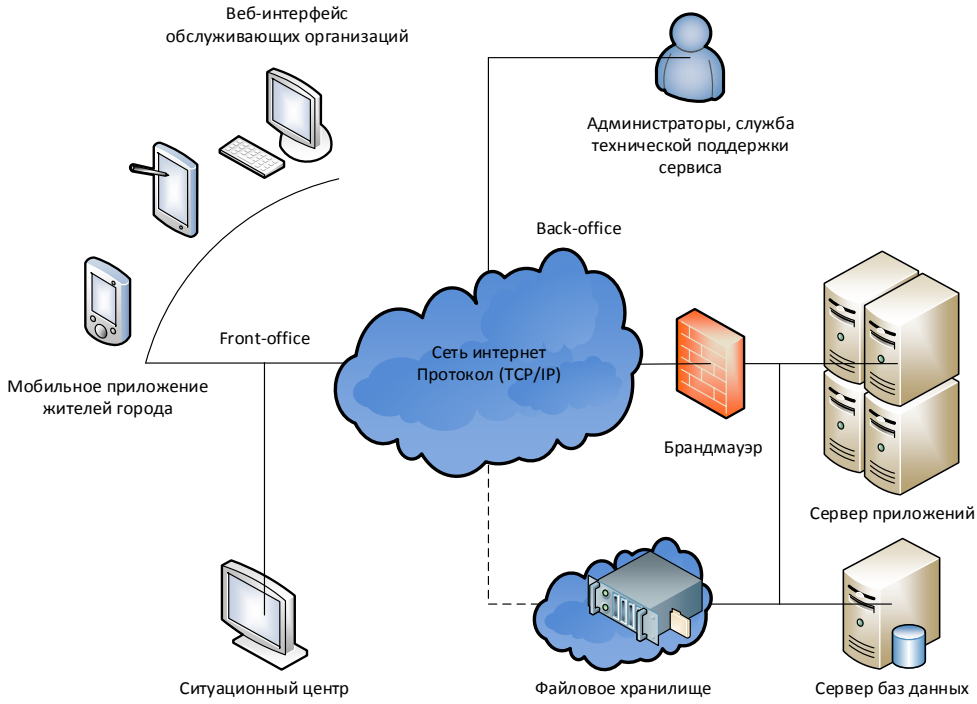


Рисунок 1 – Логическая схема построения сети электронной услуги быстрого реагирования для решения проблем городского хозяйства на базе ситуационного центра

Отдельно стоит отметить роль таких объектов на приведенной логической схеме, как веб-интерфейс обслуживающих организаций и ситуационный центр. Для решения городских проблем с помощью электронной услуги на базе технологии мобильных приложений быстрого реагирования предполагается существование некоего общего информационного центра, куда стекаются все сигналы от жителей города. В реализации данной технологии определение источника проблемы, категоризацию ее и идентификацию целесообразно осуществлять в некоем ситуационном центре. В данный ситуационный центр будет стекаться вся информация о проблемах города, что позволит операторам незамедлительно принять решение о направлении информации по возникшей проблеме организациям, ответственным за устранение подобных происшествий.

В свою очередь обслуживающие организации отслеживают перенаправляемые из ситуационного центра сообщения о возникающих проблемах посредством специализированного веб-интерфейса и принимают решение по их устранению. Посредством этого же интерфейса можно оповещать ситуационный центр о том, что, например, ремонтная бригада выехала на место происшествия для устранения возникшей проблемы. Это в перспективе позволит отслеживать оперативность реагирования городских служб на возникающие аварийные ситуации, а также оценивать скорость их устранения. Также наличие возможности у обслуживающих организаций сообщать о выезде на устранение неисправности позволит отклонять дальнейшее поступление сигналов от жителей города об этой проблеме, тем самым балансируя нагрузку на каналы связи и операторов ситуационного центра в сторону возникающих проблем, на устранение которых еще не отправлены специалисты.

Для реализации доступа к информации, которой оперирует электронная услуга, сервер баз данных взаимодействует с файловым хранилищем, организованным с помощью инструментальных средств создания систем файлового хранения с использованием облачных технологий [5]. В файловом хранилище находится доступная для использования посредством интернет-технологий поступающая в ситуационный центр информация как от жителей города, так и от обслуживающих организаций.

Организация подобной электронной услуги населению с технической точки зрения представляется достаточно простым и в то же время эффективным решением. Использование подобных технологий для сбора информации о проблемах города уже апробируется и используется на практике. Существенным препятствием к повсеместному использованию данной технологии являются достаточно высокие расходы на эксплуатацию ситуационного центра, а также сложности организации совместной работы и слаженного взаимодействия большого количества людей и организаций. Содержание операторов, круглосуточно отслеживающих поступающие сигналы и перенаправляющие их в соответствующие инстанции, еще и серьезно увеличивают влияние человеческого фактора на работоспособность данной электронной услуги. А в иных ситуациях, например, в случае ряда крупных аварий в большом городе, обработать огромный поток информации силами операторов представляется достаточно сложной, труднореализуемой задачей. Все это вместе не дает в полной мере использовать мобильные приложения быстрого реагирования для решения проблем городского хозяйства повсеместно.

Важно отметить, что реализация технологии оперативного оповещения городских служб об обнаруженной проблеме с помощью мобильного приложения быстрого реагирования может быть построена не только на базе использования ситуационного центра. Наиболее перспективным с этой точки зрения подходом является использование распределенных автоматизированных информационных центров, функционирующих по территориальным принципам. В этом случае предлагается обрабатывать и перенаправлять информацию обслуживающей организации в автоматическом режиме без участия операторов, что значительно снизит стоимость оказываемой услуги и повысит надежность ее работы. Определение ответственной организации, которой необходимо направить заявку, осуществляется на сервере обработки заявок с помощью системы ключевых слов или хештегов (рис. 2).

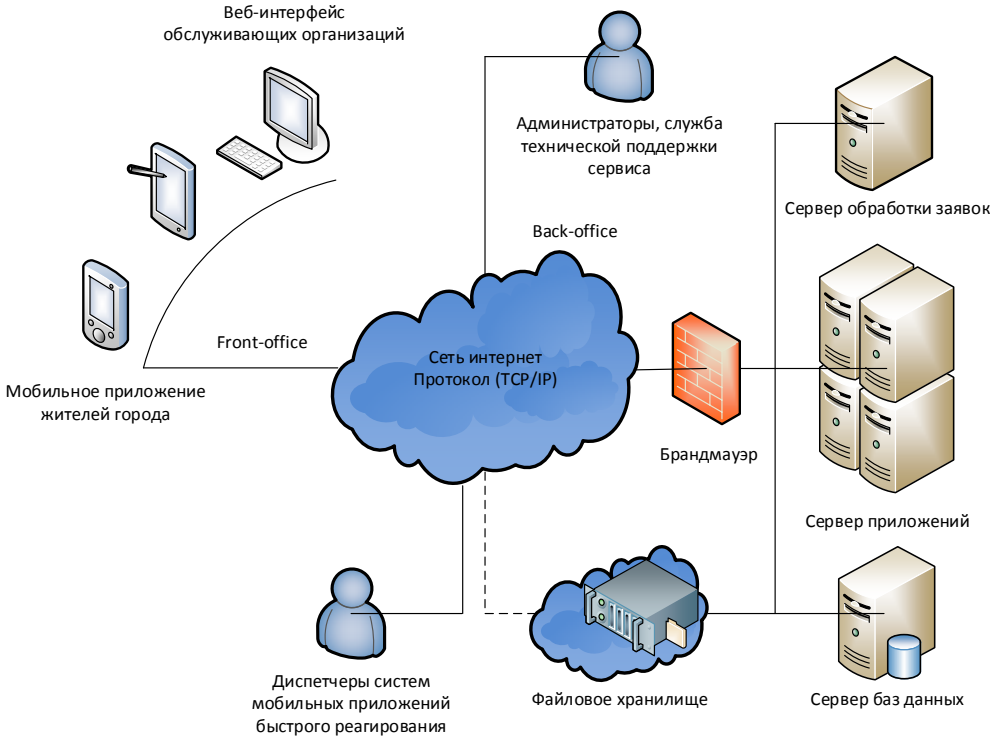


Рисунок 2 – Логическая схема построения сети электронной услуги быстрого реагирования для решения проблем городского хозяйства на основе автоматической обработки заявок

Хештеги на сегодняшний день стали очень распространенной, достаточно популярной и понятной формой быстрой идентификации информации. С их помощью отмечаются

сообщения о возникшей проблеме. Хештеги, описывающие возникшую ситуацию, выбираются или вводятся пользователем при формировании и отправке сообщения о проблеме. Имея в мобильном приложение определенный, заранее сформированный на стадии запуска электронной услуги набор хештегов с возможностью его расширения и пополнения, пользователь может быстро описать характер возникшей проблемы. В случае реализации разделения зон ответственности по территориальному признаку, помимо списка хештэгов, на сервере обработки заявок можно вести БД с перечнем обслуживающих организаций, построенным по территориальному принципу. Это позволит в автоматическом режиме идентифицировать, какой конкретно обслуживающей организации, ответственной за данный район, отправить сообщение. Это позволит заметно снизить стоимость обслуживания электронной услуги, а также повысить надежность и безотказности ее работы.

При таком варианте реализации электронной услуги для ее функционирования достаточно диспетчеров, в обязанности которых будет входить в целом следить за ходом работы электронной услуги, отслеживать исправность используемого оборудования и технических средств, проверять загруженность каналов связи и вмешиваться в работу в случае возникновения нештатных ситуаций, при возникновении каких-либо сбоев или неполадок.

Таким образом, создание методологических основ использования информационных технологий для решения проблем городского хозяйства на базе технологии мобильных приложений быстрого реагирования позволит создать масштабируемое решение. Это даст возможность использовать полученное решение как в масштабах страны, области, города, так и, что на практике гораздо проще осуществить, в масштабах отдельного квартала, района города или поселения. Подобные системы можно выстраивать в иерархию систем. Это даст возможность более эффективно собирать и обрабатывать информацию с целью прогнозирования развития города, области, края, а также отраслей и сфер деятельности служб и предприятий городского хозяйства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лунев Р.А. и др. Анализ проблем и задач управления городским хозяйством и технологий «умного города» / Р.А. Лунев, А.С. Бычкова, А.Б. Нечаева, О.Н. Лунева, А.А. Стычук, А.Е. Ястребков // Информационные системы и технологии, 2016. – № 2(94). – С. 59-65.
2. Лунев Р.А. и др. Геосоциальный сервис как электронная услуга населению / Р.А. Лунёв, А.А. Стычук, В.Н. Волков, А.А. Митин // Информационные системы и технологии, 2015. – № 3(89). – С. 65-70.
3. Лунев Р.А., Стычук А.А., Митин А.А. Требования к составу функций веб-сервиса оказания электронных услуг населению // Информационные системы и технологии, 2015. – № 1(87). – С. 49-58.
4. Лунев Р.А. Инструментальные средства создания системы сервисов электронных услуг // Информационные системы и технологии: материалы Международной научно-технической интернет-конференции ИСиТ’2013. – Орел, 2013 [Электронный ресурс]. – URL: http://isit-conf.gu-unpk.ru/conferences/2/materials/manager/view/275.
5. Лунев Р.А., Щербаков А.А., Виноградов Л.В. Инструментальные средства создания систем файлового хранения с использованием облачных технологий // Вестник компьютерных и информационных технологий. – М.: ООО «Издательский дом «Спектр», 2013. – № 1. – С. 30-33.

Зубарева Вероника Александровна
ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г. Орел
Студентка УНИИ ИТ
Тел.: 8 (4862) 42-36-12
E-mail: info@skb-it.ru

Лунёв Роман Алексеевич
ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г. Орел
Кандидат технических наук, доцент, директор НОЦ ФиПИТ
Тел.: 8 920 287 79 85
E-mail: rolu@yandex.ru

Нечаева Анастасия Борисовна
ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г. Орел
Студент-магистрант УНИИ ИТ
Тел.: 8 (4862) 42-36-12
E-mail: nechaeva@skb-it.ru

Пятин Иван Иванович
ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г. Орел
Студент УНИИ ИТ
Тел.: 8 (4862) 42-36-12
E-mail: info@skb-it.ru

Рыженков Денис Викторович
ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г. Орел
Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Информационные системы»
Тел.: 8 (4862) 43-49-56
E-mail: denRVictor@yandex.ru

Стычук Алексей Александрович
ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г. Орел
Кандидат технических наук, доцент, заместитель директора ресурсного центра информатизации образования по научно-методической работе
Тел.: 8 (4862) 43-49-56
E-mail: stichuck@yandex.ru

Ястребков Артём Евгеньевич
ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г. Орел
Аспирант УНИИ ИТ
Тел.: +7 (4862) 42-36-12
E-mail: nerlin@skb-it.ru

V.A. ZUBAREVA *(Student of Educational and Research Institute of Information Technologies)*

R.A. LUNYoV *(Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Director of Research and Education Center «Fundamental and Applied Information Technologies»)*

A.B. NEChAEVA *(Master Student of Educational and Research Institute of Information Technologies)*

I.I. PYaTIN *(Student of Educational and Research Institute of Information Technologies)*

D.V. RY'ZhENKOV *(Candidate f Engineering Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department «Information Systems»)*

A.A. STY'ChUK *(Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Deputy Director of Resource Center of Informatization of Education on Scientific and Methodological Work)*

A.E. YaSTREBKOV *(Post-graduate Student of Educational and Research Institute of Information Technologies)*
Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel

USE OF INFORMATION TECHNOLOGIES TO SOLVE PROBLEMS MUNICIPAL ECONOMY

In this article use of information technologies for the solution of problems of municipal economy is described. The logical scheme of creation of a network of electronic service of quick response for the solution of problems of

municipal economy on the basis of automatic processing of applications by means of system of keywords or a hash tags is provided. Methodological bases of use of information technologies for the solution of problems of municipal economy on the basis of technology of mobile applications of quick response are described that will allow to create scalable decisions.

Keywords: *intelligent urban management; smart city; information technology; electronic service; service of the population; cloudy technologies.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Lunev R.A. i dr. Analiz problem i zadach upravleniya gorodskim xozyajstvom i texnologij «umnogo goroda» / R.A. Lunev, A.S. By'chkova, A.B. Nechaeva, O.N. Luneva, A.A. Sty'chuk, A.E. Yastrebkov // Informacionny'e sistemy' i texnologii, 2016. – № 2(94). – S. 59-65.
2. Lunev R.A. i dr. Geosocial'ny'j servis kak e'lektronnaya usluga naseleniyu / R.A. Lunyov, A.A. Sty'chuk, V.N. Volkov, A.A. Mitin // Informacionny'e sistemy' i texnologii, 2015. – № 3(89). – S. 65-70.
3. Lunev R.A., Sty'chuk A.A., Mitin A.A. Trebovaniya k sostavu funkcij veb-servisa okazaniya e'lektronny'x uslug naseleniyu // Informacionny'e sistemy' i texnologii, 2015. – № 1(87). – S. 49-58.
4. Lunev R.A. Instrumental'ny'e sredstva sozdaniya sistemy' servisov e'lektronny'x uslug // Informacionny'e sistemy' i texnologii: materialy' Mezhdunarodnoj nauchno-texnicheskoj internet-konferencii ISiT'2013. – Orel, 2013 [E'lektronny'j resurs]. – URL: http://isit-conf.gu-unpk.ru/conferences/2/materials/manager/view/275.
5. Lunev R.A., Shherbakov A.A., Vinogradov L.V. Instrumental'ny'e sredstva sozdaniya sistem fajlovogo xraneniya s ispol'zovaniem oblachny'x texnologij // Vestnik komp'yuterny'x i informacionny'x texnologij. – M.: OOO «Izdatel'skij dom «Spektr», 2013. – № 1. – S. 30-33.

УДК 621.391.31

Н.А. ОРЕШИН, А.Н. ОРЕШИН, В.С. ШУМИЛИН, П.В. ПАНЧУК

ОЦЕНКА ЧИСЛА НЕИЗВЕСТНЫХ В АЛГОРИТМАХ РЕШЕНИЯ ПОТОКОВЫХ ЗАДАЧ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ СВЯЗЬЮ

В статье произведена оценка путей, организуемых на базе заданной структуры первичной сети связи, как с количественной, так и с качественной стороны. Получены математические выражения, необходимые для оценки вычислительной сложности алгоритмов решения задач по оптимальному распределению каналов и трактов, а также по выделению в сети максимального (минимального) числа путей, позволяющих реализовать пропускную способность сети при минимальной суммарной задействуемой канальной емкости.

Ключевые слова: *первичная сеть связи; потоковая модель сети связи; двудольный граф; совокупный двудольный граф; распределение каналов и трактов; пропускная способность сети.*

Проведенные исследования структур первичных сетей связи, описываемых потоковой моделью, позволяют произвести оценку путей, организуемых на базе заданной структуры, как с количественной, так и с качественной стороны. С количественной стороны можно определить наибольшее число путей в потоковой модели, обладающих определенными характеристиками (рангом, структурой, пропускной способностью, суммарной задействуемой канальной емкостью). Для этого рассмотрим некоторые свойства графа, дающие количественную оценку мощности интересующих нас множеств путей.

Согласно [1], под двудольным графом (ДГ) понимается граф $G^{ДГ}$, состоящий из совокупности двух непересекающихся подмножеств вершин $A_1 = \left\{ a_{n_1} \middle/ n_1 = \overline{1, N_1} \right\}$, $A_2 = \left\{ a_{n_2} \middle/ n_2 = \overline{1, N_2} \right\}$ и подмножества ребер $B = \left\{ b_{i,j} \middle/ i = \overline{1, N_1},\ j = \overline{1, N_2} \right\}$ таких, что вершины любого ребра размещаются в разных подмножествах A_1 и A_2, то есть $G^{ДГ} = A_1 \cup B \cup A_2$, где $A_1 \cap A_2 = \varnothing$, $a_{n_1} \in A_1$, $a_{n_2} \in A_2$, $b_{i,j} \in B$.

Подмножества A_1 и A_2 являются долями двудольного графа. Мощности соответствующих подмножеств двудольного графа будем обозначать символами $M_1 = |A_1|$, $M_0 = |B|$, $M_2 = |A_2|$. На рисунке 1 представлены различные варианты построения двудольного графа.

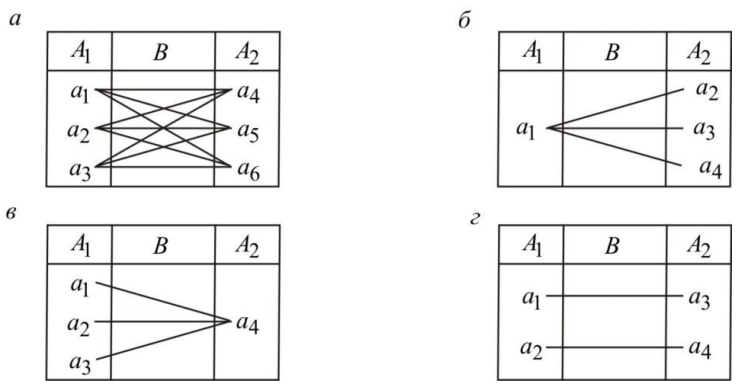


Рисунок 1 – Варианты построения двудольного графа

Если мощности $M_1 = M_0 = M_2 = 1$, то двудольный граф принято называть простым, а если каждая вершина $a_i \in A_1$, смежна каждой вершине $a_j \in A_2$ – полносвязанным [2].

Под совокупным двудольным графом (СДГ) будем понимать граф $G^{СДГ}$, представляющий собой совокупность последовательно соединенных двудольных графов [3, 4]. Варианты построения совокупного двудольного графа показаны на рисунках 2 и 3.

В совокупном двудольном графе подмножество вершин A_2 предыдущего двудольного графа $G_1^{ДГ}$ является подмножеством вершин A_1 последующего двудольного графа $G_{i+1}^{ДГ}$.

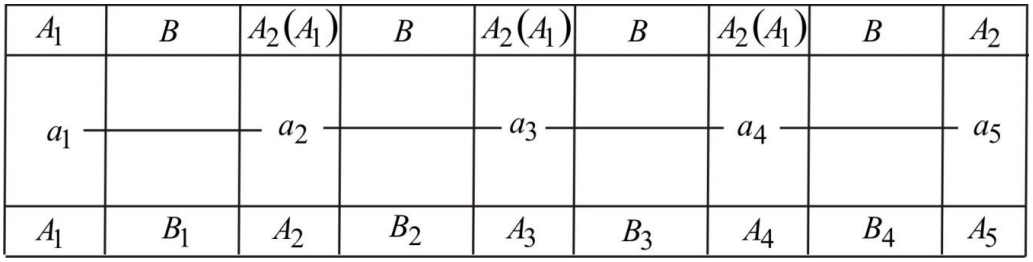


Рисунок 2 – Простой совокупный двудольных граф

Совокупный двудольный граф назовем полносвязным, если каждая вершина $a_i \in A_k$ смежна каждой вершине $a_j \in A_{k+1}$ (рис. 3).

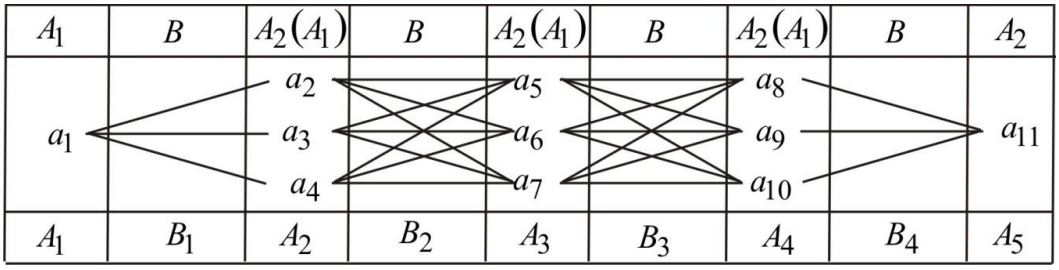


Рисунок 3 – Полносвязный совокупный двудольный граф

Заметим, что если подмножество $A_1 \in G_1^{ДГ}$ и подмножество $A_2 \in G_N^{ДГ}$ содержат по одной вершине (в дальнейшем их будем соответственно обозначать символами s и t), то каждое из подмножеств A_1, B, $A_2 \in G_1^{ДГ}$ представляют собой простое секущее множество относительно полюсов s и t.

Подмножества вершин $A_i \in G_j^{ДГ}$, $i = \overline{1, 2}$; $j = \overline{1, N}$ будем в дальнейшем называть сечениями совокупного двудольного графа и обозначать индексом A_k, $k = \overline{0, R}$, где k – номер сечения, считая слева направо; R – число подмножеств B, входящих в совокупный двудольный граф. Оно определяет ранг совокупного двудольного графа, так как пути от вершины s к вершине t будут иметь ранг, равный R.

Очевидно, что совокупный двудольный граф первого ранга представляет собой обычный двудольный граф.

По аналогии с понятиями простого и полносвязного двудольного графа введем соответствующие им понятия для совокупного двудольного графа. Совокупный двудольный граф будем называть простым, если все его подмножества содержат по одному элементу и можно образовать путь от полюса s к полюсу t (рис. 2).

С целью изыскания путей уменьшения вычислительной сложности алгоритмов решения задачи оценки пропускной способности первичной сети связи рассмотрим ряд свойств совокупных двудольных графов [5-7].

Свойство 1. Для сети, описываемой совокупным двудольным графом $G=(A,B,s,t)$, максимально возможное число путей $P_{\max}^{\pi^r}$ с различными структурами $\chi^{\pi_p^r}\left(b_m^{\pi_p^r},\ a_n^{\pi_p^r}\right)$ ранга r, образуемых между полюсами s и t, определяется выражением:

$$P_{\max}^{\pi^r}=\begin{cases}\left(\dfrac{N-2}{r-1}\right)^{r-1}, \text{если } r>1,\\ 1, \quad \text{если } r=1.\end{cases} \tag{1}$$

Свойство 2. Если сеть $G=(A,B,s,t)$ представима в виде объединения совокупных двудольных графов с рангами $r=\overline{1,R};\ R=N-1$, то максимальное число путей с различными структурами между стоком s и истоком t соответствует величине:

$$P_{\max}^{\pi^G}=1+\sum_{r=2}^{N-1}\left(\frac{N-2}{r-1}\right)^{r-1}. \tag{2}$$

Свойство 3. Максимальное число путей с разными структурами в полносвязной сети $G=(A,B,s,t)$ с числом узлов N определяется величиной:

$$P_{\max}^{\pi^G}=(N-2)!\sum_{i=0}^{N-2}\frac{1}{i!}. \tag{3}$$

Данная величина характеризует предельные возможности полносвязной сети по образованию максимального числа путей с различными структурами. Для неполносвязной сети эта величина является верхней границей.

Свойство 4. Верхняя граница минимального числа путей $P_{\min}^{\pi^G}$, которые необходимо выделить в сети $G=(A,B,s,t)$ для определения максимального потока $f_{\max}^{s,t}$ однопродуктовой модели сети связи, не превышает величины:

$$\max\left[P_{\min}^{\pi^G}\right]=M-R+1, \tag{4}$$

где M – число ребер; R – максимальный ранг пути, который может быть получен в графе $G=(A,B,s,t)$.

Свойство 5. Верхняя граница минимального числа путей $P_{\min}^{\pi^G}$, определяющих максимальный поток $f_{\max}^{s,t}$ в полносвязной сети $G=(A,B,s,t)$, не превышает величины:

$$\max\left[P_{\min}^{\pi^G}\right]=0{,}5\ N^2-1{,}5\ N+2, \tag{5}$$

где N – число узлов в полносвязной сети.

Заметим, что если выражение (3) позволяет установить верхнюю границу числа путей, которые можно образовать в сети, то формула (4) указывает на верхнюю границу минимального числа путей, которые необходимо выделить в сети для определения

максимального потока. Число, полученное по выражению (5), является верхней границей числа ребер, входящих в минимально рассекающее множество.

Свойство 6. Если существует алгоритм, который при анализе однопродуктовой сети $G=(A,B,s,t)$ последовательно обеспечивает получение потока

$$F^{s,t}=\sum_{r=1}^{R}\max\ f_r^{s,t}, \tag{6}$$

то задействуемые для пропускания этого потока емкости C^G всех ребер $b_m^{i,j}$ первичной сети $G=(A,B,s,t)$ составляют величину

$$C^G=\sum_{m=1}^{M}c_m^{i,j}=\min, \tag{7}$$

где $\max\ f_r^{s,t}$ – суммарный максимальный поток, протекающий по всем путям ранга r; $c_m^{i,j}$ – емкость ребра сети (пропускная способность m-го ребра), значение которой равно суммарной величине $\sum_{r=1}^{R}f_r^m$ потоков f^m, протекающих по ней:

$$c_m^{i,j}=\sum_{r=1}^{R}f_r^m. \tag{8}$$

Свойство 7. Если существует алгоритм, который при анализе многопродуктовой сети $G=(A,B,S,T)$ последовательно обеспечивает получение потока

$$F^G=\sum_{d=1}^{D}\sum_{r=1}^{R}\max\ f_r^d, \tag{9}$$

то задействованные для пропускания этих потоков емкости всех рёбер $G=(A,B,S,T)$ составят величину:

$$C^G=\sum_{b_m^{i,j}\in B}c_m^{i,j}=\sum_{d=1}^{D}\sum_{r=1}^{R}\sum_{\pi^r}c_r^d=\min. \tag{10}$$

Свойство 8. Обмен потоками между продуктами в рамках одного и того же ранга не приводит к изменению задействованной суммарной емкости.

Свойство 9. Если в однопродуктовой сети $G=(A,B,s,t)$ потоки, проходящие по путям меньшего ранга, определяются раньше, чем потоки, проходящие по путям большего ранга и при этом

$$f^d=\sum_{r=1}^{R}\max\ f_r^d=\max, \tag{11}$$

то

$$C^G=\sum_{b_m^{i,j}\in B}c_m^{i,j}=\min. \tag{12}$$

Свойство 10. Для потоков, протекающих через любое ребро сети, справедлив принцип их согласованности (все потоки протекают по ребрам в одном и том же направлении).

Свойство 11. Если в многопродуктовой сети $G=(A,B,S,T)$ потоки, проходящие при одновременном функционировании всех корреспондирующих пар $W=\left\{w_d^{k,l} \;\middle/\; d=\overline{1,D};\ k=\overline{1,K};\ l=\overline{1,L}\right\}$ по путям меньшего ранга, определяются раньше, чем потоки, проходящие по путям большего ранга и при этом:

$$F^G=\sum_{d=1}^{D}\sum_{r=1}^{R}\max f_r^d=\max, \tag{13}$$

то

$$C^G=\sum_{b_m^{i,j}\in B} c_m^{i,j}=\min. \tag{14}$$

Таким образом, в данной статье произведена оценка путей, организуемых на базе заданной структуры первичной сети связи, как с количественной, так и с качественной стороны. Получены математические выражения, необходимые для оценки вычислительной сложности алгоритмов решения задач по оптимальному распределению каналов и трактов, а также по выделению в сети максимального (минимального) числа путей, позволяющих реализовать пропускную способность сети при минимальной суммарной задействуемой канальной емкости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Еременко В.Т. и др. Направления и проблемы интеграции автоматизированных систем управления для предприятий с непрерывным технологическим циклом / В.Т. Еременко, Д.С. Мишин, Т.М. Парамохина, А.В. Еременко, С.В. Еременко // Информационные системы и технологии, 2014. – № 3. – С. 51 -58.
2. Еременко В.Т. и др. Синтез сетей передачи данных автоматизированных систем управления на основе критерия неблокируемой маршрутизации / В.Т. Еременко, С.И. Афонин, А.И. Офицеров, О.О. Басов // «Научные ведомости» Белгородского государственного университета. Серия «История. Политология. Экономика. Информатика», 2011. – № 7 (102). – Выпуск 18/1. – С. 168-176.
3. Филлипс Д., Гарсиа-Диас А. Методы анализа сетей; пер. с англ. под ред. Сушкова Б.Г. – М.: «Мир», 1984. – 496 с.
4. Форд А., Фалкерсон Д. Потоки в сетях; пер. с англ. Вайнштейна И.А. – М.: «Мир», 1966. – 276 с.
5. Берж К. Теория графов и ее применение. – М.: «Иностранная литература», 1962. – 320 с.
6. Басакер Р., Саати Т. Конечные графы и сети; пер. с англ. под ред. Теймана А.И. – М.: Наука, 1973. – 368 с.
7. Фрэнк Г., Фриш И. Сеть связи и потоки; под ред. Поспелова. – М.: Связь, 1978. – 448 с.

Николай Алексеевич Орешин
ФГКВОУ ВО «Академия Федеральной службы охраны Российской Федерации», г. Орел
Кандидат технических наук, профессор
Тел.: 8 (4862) 54-96-91

Андрей Николаевич Орешин
ФГКВОУ ВО «Академия Федеральной службы охраны Российской Федерации», г. Орел
Кандидат технических наук, доцент
Тел.: 8 (4862) 54-98-28

Вячеслав Сергеевич Шумилин
ФГКВОУ ВО «Академия Федеральной службы охраны Российской Федерации», г. Орел
Сотрудник
Тел.: 8 (4862) 54-96-91

Павел Витальевич Панчук
Филиал ФГКВОУ ВО «Академия Федеральной службы охраны Российской Федерации», Воронежский институт правительственной связи, г. Воронеж
Сотрудник

A.O. ORESHIN *(Candidate of Engineering Sciences, Professor)*

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

V.S. SHUMILIN *(Employee)*
The Academy of Federal Security Guard Service of the Russian Federation, Orel

P.V. PANCHUK *(Employee)*
Branch of the Academy of Federal Security Guard Service of the Russian Federation, Voronezh Institute of Government Communications, Voronezh

EVALUATION NUMBER OF UNKNOWNS IN THE ALGORITHM SOLVING PROBLEMS FLOW USED IN AUTOMATED SYSTEMS OF COMMUNICATION

The paper evaluated the ways organized on the basis of a given primary communication network structures, both quantitatively and qualitatively. The mathematical expressions needed to evaluate the computational complexity of algorithms for solving problems on the optimal distribution channels and paths, as well as the allocation to the maximum number of paths (minimum) of the network, allowing realizing the network throughput at the lowest total channel capacity of the involved.

Keywords: *primary communication flow model communication network; bipartite graph; aggregate bipartite graph; distribution channels and paths; network bandwidth.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Eremenko V.T. i dr. Napravleniya i problemy' integracii avtomatizirovanny'x sistem upravleniya dlya predpriyatij s nepreryvny'm texnologicheskim ciklom / V.T. Eremenko, D.S. Mishin, T.M. Paramoxina, A.V. Eremenko, S.V. Eremenko // Informacionny'e sistemy' i texnologii, 2014. – № 3. – S. 51 -58.
2. Eremenko V.T. i dr. Sintez setej peredachi danny'x avtomatizirovanny'x sistem upravleniya na osnove kriteriya neblokiruemoj marshrutizacii / V.T. Eremenko, S.I. Afonin, A.I. Oficerov, O.O. Basov // «Nauchny'e vedomosti» Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya «Istoriya. Politologiya. E'konomika. Informatika», 2011. – № 7 (102). – Vy'pusk 18/1. – S. 168-176.
3. Fillips D., Garsia-Dias A. Metody' analiza setej; per. s angl. pod red. Sushkova B.G. – M.: «Mir», 1984. – 496 s.
4. Ford A., Falkerson D. Potoki v setyax; per. s angl. Vajnshtejna I.A. – M.: «Mir», 1966. – 276 s.
5. Berzh K. Teoriya grafov i ee primenenie. – M.: «Inostrannaya literatura», 1962. – 320 s.
6. Basaker R., Saati T. Konechnye grafy' i seti; per. s angl. pod red. Tejmana A.I. – M.: Nauka, 1973. – 368 s.
7. Fre'nk G., Frish I. Set' svyazi i potoki; pod red. Pospelova. – M.: Svyaz', 1978. – 448 s.

АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ

УДК 681.518:681.515.8

В.А. ЛОБАНОВА, Н.И. ФОМИН

МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК КАЧЕСТВА ГОТОВОГО ПРОДУКТА ПРИ ПЕРВИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ НЕФТИ

Технологический комплекс первичной переработки нефти (ППН) и задачи моделирования режимов его работы характеризуются сложностью. Сложность объекта исследования проявляется в значительном числе и многообразии параметров, определяющих течение процессов, в большом числе внутренних связей между параметрами, в их взаимном влиянии, в неформализуемом действии человека, участвующего в контуре управления. Кроме того, при формализации и решении задач оптимизации процесса ППН возникает ряд проблем, связанных со множеством критериев, определяющих качество объекта.

Ключевые слова: *первичная переработка нефти; ректификационная колонна; математическая модель; автоматическая система управления; нечеткая логика; линейная статическая модель; система цифрового управления.*

При моделировании и оптимизации сложных систем в условиях неопределенности используется вероятностный подход, основанный на методах теории вероятностей и математической статистики. Однако на практике не всегда при наличии неопределенностей выполняются аксиомы теории вероятностей, что показывает неправомерность применения этих методов. Более того, в случаях, когда есть основания считать, что процессы или системы ведут себя по вероятностным законам, дефицит информации, невозможность или дороговизна получения достоверной статистической информации толкают на иные пути описания реальных процессов в производственных системах, на разработку нестатистических, например, нечетких методов моделирования объектов. Один из перспективных путей в этом направлении опирается на методы теории нечетких множеств [1].

Проблему неопределенности при моделировании и оптимизации сложных систем можно решить созданием математического аппарата для описания и исследования нечетко определенных объектов.

Можно отметить следующие подходы к моделированию объектов, удовлетворяющие этим требованиям, которые основаны на методах теории нечётких множеств [2-4].

Первый подход основан на построении статистических моделей объектов с нечеткими коэффициентами на основе модификации методов регрессионного анализа. Модели, полученные на основе такого подхода, успешно используются при моделировании и управлении рядом технологических объектов нефтеперерабатывающей промышленности.

Предположим, что в результате наблюдения объекта или проведенного эксперимента получено $L_{xi}\ (xil, i = \overline{1,n}, l = \overline{1,L})$ значения входных параметров, а соответствующие нечеткие значения выходных параметров $\tilde{y}_j^э\ (yil, j = \overline{1,m}, l = \overline{1,L})$ оценены экспертами, т.е. входные параметры системы измеримы, доступны их количественные значения, а выходные параметры нечеткие, т.е. оцениваются (измеряются) специалистами-экспертами.

Для построения математической модели этого объекта необходимо решить следующие два этапа задачи идентификации:

1) выбрать структуру функции (структурная идентификация)

$$\tilde{y}_j^M = \tilde{f}_j(x_1, \dots, x_n; \tilde{a}_0, \dots, \tilde{a}_n), j = \overline{1,m}, \quad (1)$$

аппроксимирующую функцию $\tilde{y}_j = \tilde{f}_j(x_1, \dots, x_n)$.

На этом этапе определяющее значение имеет качественный анализ объекта, в результате которого выявляются основные параметры, влияющие на функционирование, их взаимосвязи и выбирается метод для идентификации структуры модели;

2) Определить оценки параметров выбранной функции (1) (параметрическая идентификация), например, значений нечетких коэффициентов $\tilde{a}_0, \dots, \tilde{a}_n$. Для подобной оценки можно воспользоваться критерием минимизации отклонения нечетких значений выходного параметра $\tilde{y}_j^M$, полученных по модели (1), от его выборочных нечетких значений, полученных на основе экспертной оценки $\tilde{y}_j^э$.

$$\tilde{R}_j = \min \sum_{l=1}^{L} (\tilde{y}_{j1}^э - \tilde{y}_{j1}^M)^2 = \min \sum_{l=1}^{L} (\tilde{y}_{j1}^э - \tilde{f}_j(x_1, \dots, x_n; \tilde{a}_0, \dots, \tilde{a}_n))^2, \qquad (2)$$

На втором этапе основным вопросом является выбор способа оценивания неизвестных параметров, обеспечивающего необходимые свойства исследуемого объекта.

В этом подходе математические модели, полученные с учетом нечеткости исходной информации, имеют следующий общий вид:

$$\tilde{y}_j = \tilde{a}_{0j} + \sum_{i=1}^{n} \tilde{a}_{ij} x_{ij} + \sum_{i=1}^{n} \sum_{k=1}^{n} \tilde{a}_{ikj} x_{ij} x_{kj} + \cdots, \qquad j = \overline{1,m}, \qquad (3)$$

где $\tilde{y}_j$ – нечеткие выходные параметры системы (локальные критерии); x_{ij}, x_{kj} – входные измеряемые параметры моделируемой системы (управляющие воздействия); $\tilde{a}_{0j}, \tilde{a}_{ij}, \tilde{a}_{ikj}$ – оцениваемые нечеткие коэффициенты.

Использование понятия множество уровня *a* позволяет свести нечеткие уравнения регрессии к системе обычных уравнений регрессии. Такой подход дает возможность применения классических методов регрессии для решения рассмотренных выше задач.

Второй подход основан на использовании логических правил условного вывода, например, в следующем виде:

$$\tilde{x}_1 \in \tilde{A}_1 \left(\tilde{x}_2 \in \tilde{A}_2 (, \dots, (\tilde{x}_n \in \tilde{A}_n), \dots,) \right), \tilde{y}_j \in \tilde{B}_j; j = \overline{1,m}, \qquad (4)$$

где $\tilde{x}_i, i = \overline{1,n}$, $j = \overline{1,m}$, – соответственно, входные и выходные лингвистические переменные объекта, влияющие на технико-экономические и экологические показатели объекта; $\tilde{A}_i, \tilde{B}_j$ – нечеткие подмножества, характеризующие $\tilde{x}_i, \tilde{y}_j$.

Здесь и входные, и выходные параметры системы $(\tilde{x}_i, \tilde{y}_j)$ характеризуются нечеткостью, т.е. могут быть лингвистическими переменными. Преимуществом такого подхода является возможность его использования при моделировании объектов, для которых сбор статистических данных (x_i, y_i) затруднителен или неосуществим. Поэтому полученные нечеткие модели являются результатом обработки экспертного опроса специалистов-экспертов (технологи, операторы, ЛПР), оперирующих, как правило, информацией качественного характера (опыт, знания). Такая информация при условии достаточной компетентности специалистов-экспертов позволяет в полученных моделях учесть всю гамму сложных внутренних взаимосвязей параметров объекта.

К плюсам использования нечетких моделей можно отнести следующие моменты:

– возможность получения эффективных моделей объекта в условиях неопределенности, когда классические подходы не дают значительных результатов;

– в моделях, полученных на нечеткой основе, предусматриваются внутренние, содержательные связи основных параметров разрабатываемой системы, которые не подлежат формализации. Однако при построении нечетких моделей возникают свои

свойственные проблемы, например, связанные с проведением экспертной оценки, построением функции принадлежности нечетких параметров, определением структуры условного логического вывода и т.д.

В третьем подходе при построении моделей системы, представляющей собой комплекс взаимосвязанных агрегатов различного типа (технологические установки) с различной исходной информацией, приходится использовать комбинированную информацию. В этом случае модели отдельных объектов в системе могут быть построены разными методами, причем должна быть учтена возможность объединения этих моделей в пакет для моделирования работы системы в целом. На практике при исследовании некоторого объекта статистические данные для оценки одних параметров могут быть достаточны, а для других параметров – недостаточны или вообще отсутствовать. Параметры таких объектов оцениваются методами, основанными на использовании информации различного характера и объединяющими выше описанные методы и традиционные подходы к анализу систем.

В работе [5] предложен алгоритм синтеза математических моделей с учетом нечеткости выходных параметров объекта. На основе данного алгоритма структура модели идентифицируются в виде нечетких уравнений множественной регрессии с нечеткими коэффициентами.

В результате анализа и обобщения возможных подходов моделирования сложных объектов при нечеткости исходной информации в данной работе разработан алгоритм синтеза моделей технологического комплекса при нечетких входных и выходных параметров, который использует логические правила условного вывода и реализует второй подход нечеткого моделирования и позволяет построить лингвистические модели в нечёткой среде.

В этом алгоритме учитываются нечеткость и входных – $\tilde{x}_i, i = \overline{1,n}$ выходных $\tilde{y}_j \in \tilde{B}_j; j = \overline{1,m}$ параметров:

1. Выбрать необходимые для построения модели входные $\tilde{A}_i \in X, \tilde{B}_j \in Y$ и выходные $\tilde{y}_j \in \tilde{B}_j; j = \overline{1,m}$ параметры объекта, которые являются лингвистическими переменными ($\tilde{A}_i \in X, \tilde{B}_j \in Y$ – нечеткие подмножества).
2. На основе экспертных процедур произвести оценку значений параметров $\tilde{x}_i, \tilde{y}_j$ и построить терм-множество $T(\tilde{X}_i, \tilde{Y}_j)$.
3. Построить функции принадлежности нечетких $\mu_{Ai}(\tilde{x}_i), \mu_{Bi}(\tilde{y}_j)$ параметров.
4. Построить лингвистическую модель системы и формализовать нечеткие отображения, определяющие связь между $\tilde{x}_i$ и $\tilde{y}_j - R_{ij}$.
5. Определить нечеткие значения выходных параметров объекта и выбрать их числовые значения из нечеткого множества решений.
6. Провести проверку условия адекватности модели. Если условие выполняется, то модель рекомендуется для использования при оптимизации и управления объектом, в ином случае определить и вернуться к предыдущим пунктам для уточнения модели.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Поспелов Д.А. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта. – М.: «Наука». Главная редакция физико-математической литературы, 1986. – 312 с.
2. Андрейчиков А.В., Андрейчикова О.Н. Интеллектуальные информационные системы. – М.: Финансы и статистика, 2006.
3. Chang P.T. The fuzzy Delphi via fuzzy statistics and membership function fitting and an application to human resources // Fuzzy Sets and Systems, 2000. – V. 112. – P. 178-183.
4. Оразбаев Б.Б., Муханбеткалиева А.К. Задачи и методы многокритериального выбора оптимальных режимов работы объектов нефтепровода (монография). – Б.: Алматы: «Эверо», 2007. – 138 с.: ISBN 9965-769-93-1.

5. Алиев Р.А., Церковный А.Э., Мамедова Г.А. Управление производством при нечеткой исходной информации. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 250 с.

Лобанова Валентина Андреевна
ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева»», г. Орел
Профессор кафедры «Электроника, вычислительная техника и информационная безопасность»
Тел.: 8 905 046 08 65
E-mail: Fobos-0203@yandex.ru

Фомин Николай Иванович
ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева»», г. Орел
Аспирант кафедры «Электроника, вычислительная техника и информационная безопасность»
Тел.: 8 953 610 63 47
E-mail: Fobos-0203@yandex.ru

V.A. LOBANOVA *(Professor of the Department «Electronics, Computer Sciences and Information Security»)*
N.I. FOMIN *(Post-graduate Student of the Department «Electronics, Computer Sciences and Information Security»)*
Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel

MODELING AND ANALYSIS OF QUALITY CHARACTERISTICS OF THE FINISHED PRODUCT AFTER THE PRIMARY REFINING

Technological complex of primary oil processing (PIP) and the problems of modeling of operating modes characterized by complexity. The complexity of the object of study manifests itself in a significant number and diversity of parameters determining the course of processes in a large number of internal connections between the parameters, their mutual influence, is not formalized human action involved in the control loop. In addition, during the formulation and solution of optimization problems of the PPN process raises a number of problems with many criteria that determine the quality of the object.

Keywords: *crude oil; distillation column; mathematical model; automatic control system; fuzzy logic; linear static model; digital management.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Pospelov D.A. Nechetkie mnozhestva v modelyax upravleniya i iskusstvennogo intellekta. – M.: «Nauka». Glavnaya redakciya fiziko-matematicheskoj literatury', 1986. – 312 s.
2. Andrejchikov A.V., Andrejchikova O.N. Intellektual'ny'e informacionny'e sistemy'. – M.: Finansy' i statistika, 2006.
3. Chang P.T. The fuzzy Delphi via fuzzy statistics and membership function fitting and an application to human resources // Fuzzy Sets and Systems, 2000. – V. 112. – P. 178-183.
4. Orazbaev B.B., Muxanbetkalieva A.K. Zadachi i metody' mnogokriterial'nogo vy'bora optimal'ny'x rezhimov raboty' ob''ektov nefteprovoda (monografiya). – B.: Almaty': «E'vero», 2007. – 138 s.: ISBN 9965-769-93-1.
5. Aliev R.A., Cerkovny'j A.E'., Mamedova G.A. Upravlenie proizvodstvom pri nechetkoj isxodnoj informacii. – M.: E'nergoatomizdat, 1991. – 250 s.

УДК 620.1.05: 53,088:62-436

А.В. ЖИДКОВ, М.П. ЖИЛЬЦОВ, В.В. МИШИН, А.В. ТЮТЯКИН

ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ АНАЛИЗА И ДИАГНОСТИКИ СИГНАЛОВ СО СФЕРИЧЕСКИХ ПАР ТРЕНИЯ

В статье рассмотрены структура и программное обеспечение информационно-измерительной системы для анализа и диагностики сигналов со сферических пар трения. Информационно-измерительная система предназначена для изучения процессов, протекающих в зоне трения сферических поверхностей (в ходе их трибоиспытаний) в условиях, приближенных к реальным. Использование информационно-измерительной системы позволяет проводить испытания взаимодействующих сферических поверхностей, анализировать и интерпретировать полученные данные для информативных выводов о функциональности исследуемого трибообъекта.

Ключевые слова: *триботиагностика; трибомониторинг; испытания; граничные слои; сферические поверхности; испытательные машины; смазка; электрорезистивный метод; трение; трибосопряжение; износ; устройство.*

ВВЕДЕНИЕ

Сферические пары трения, состоящие из двух взаимодействующих сферических поверхностей, встречаются в различных технических объектах: металлообрабатывающих устройствах, медицинских эндопротезах, автомобильной промышленности, робототехнике и ряде других отраслей.

Тенденция миниатюризации устройств управления и контроля, а также появление большого количества портативных устройств, деталей и инструментов, площади взаимодействующих поверхностей которых приближаются к микрометровому и нанометровому диапазонам размеров, а их количество в единице объема увеличивается на порядки, приводит к жестким требованиям к надежности таких устройств.

Существующие аналоги стендов и систем обладают меньшим количеством каналов измерений [1], что не позволяет получать и исследовать сигналы, получаемые непосредственно из зоны трения трибосопряжения, и достоверно оценивать качество поверхности изготавливаемых пар трения.

Соответственно, актуальной является задача разработки аппаратно-программных средств контроля и диагностики трибоузлов, входящих в состав различных изделий [1].

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА СБОРА ДИАГНОСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

Для испытания качества изготовления и функциональности трибоузлов сферических пар трения разработана специализированная информационно-измерительная система, позволяющая оценивать качество трибосопряжения и следить за протеканием процессов, происходящих в зоне трения исследуемого трибообъекта [2].

Состав информационно-измерительной системы поясняется рисунком 1.

Информационно-измерительная система работает следующим образом. Двигатель 1 вращает верхнюю деталь 3 трибоузла, отслеживая угол ее поворота датчиком положения угла 2, с нормированным значением силы, отслеживаемой датчиком 9 силы, расположенным под нижней неподвижной деталью 8 трибоузла. Диагностический постоянный ток с источника тока 4 преобразуется в напряжение на изменяющемся электрическом активном сопротивлении трибоузла, образованного двумя взаимодействующими между собой деталями 3, 8, которое поступает на инструментальный усилитель 5 для увеличения амплитуды электрического сигнала. Плата сбора данных 6 осуществляет сбор и сжатие

данных с 3-х каналов измерения с последующей их передачей на ЭВМ 12 для обработки, анализа и визуализации полученных информативных параметров.

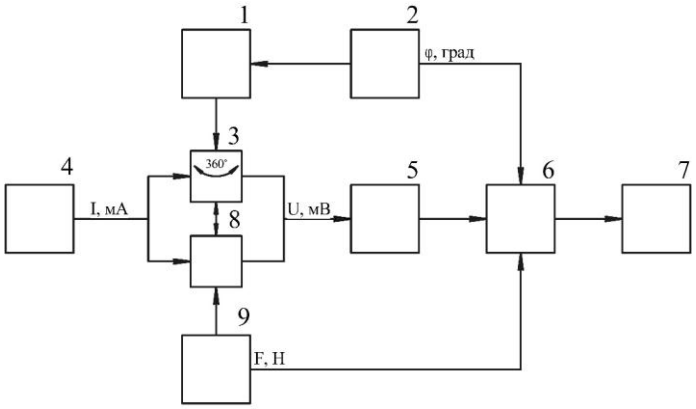


Рисунок 1 – Структурная схема информационно-измерительной системы для анализа и диагностики сигналов со сферических пар трения:
1 – двигатель; 2 – датчик положения угла;
3, 8 – трибоузел, образованный двумя взаимодействующими между собой деталями;
4 – источник тока; 5 – инструментальный усилитель; 6 – плата сбора данных;
7 – ЭВМ; 9 – датчик силы

Электрический канал измерения представлен на рисунке 2.

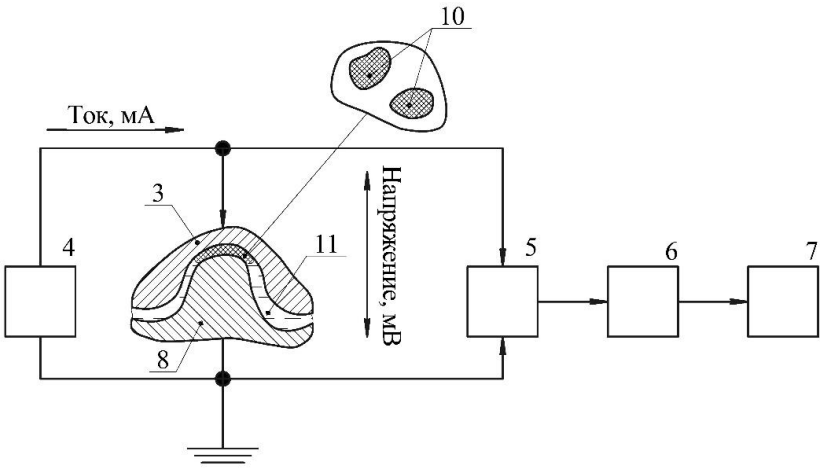


Рисунок 2 – Функциональная электрическая схема измерительного канала:
3, 8 – трибоузел, образованный двумя взаимодействующими между собой деталями;
4 – источник тока; 5 – инструментальный усилитель; 6 – плата сбора данных;
7 – ЭВМ; 10 – пятна контакта; 11 – смазочный слой

Принцип действия канала заключается в следующем. Электрический канал измерения (рис. 2) информационно-измерительной системы заключается в прохождении через исследуемый трибообъект диагностического тока со значением $I = 0,5...2$ мА с последующем измерении падения напряжения в работающем трибосопряжении при изменении активного электрического сопротивления нагрузки диапазоном до 4 кОм. Нагрузкой источника тока 6 являются головка 7, чашка 8, пятна контакта 15 и смазочный слой 16. Источник тока 6 [3] вырабатывает постоянный ток при изменении сопротивления, образованного трибосопряжением, с частотой до 15 МГц. Инструментальный усилитель 9 [4] производит усиление сигнала до уровня, необходимого для его передачи и обработки на плату сбору данных 6 и ЭВМ 7. При этом источник тока 6, трибоузел 3, 8 и

инструментальный усилитель 9 заземлены и экранированы для улучшения помехозащищенности информативного сигнала [5, 6].

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА ДИАГНОСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

Для обработки и анализа диагностических сигналов (рис. 3), регистрируемых при помощи измерительно-информационной системы, разработана программа, основное диалоговое окно которой приведено на рисунке 4. Исходными данными программы служит массив отсчетов сигнала в виде текстового файла.

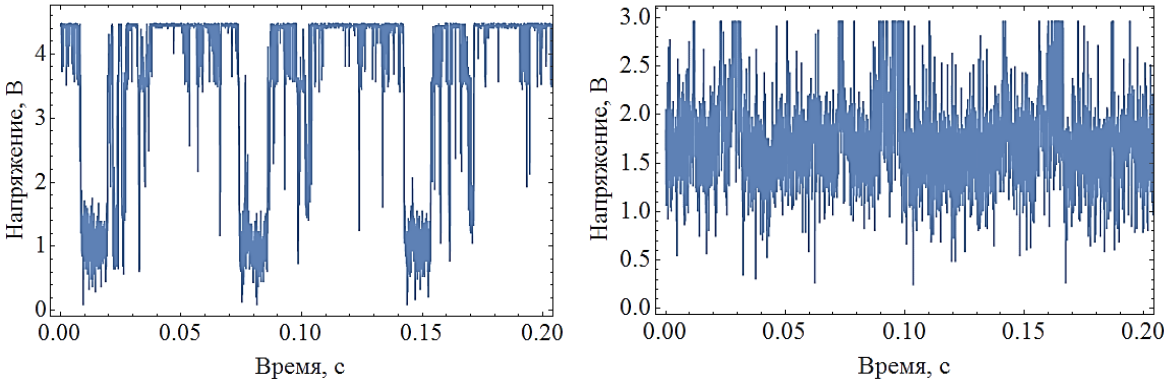


Рисунок 3 – Сигналы, полученные из зоны трения трибосопряжения:
а) нормальной опоры; б) деформированной опоры

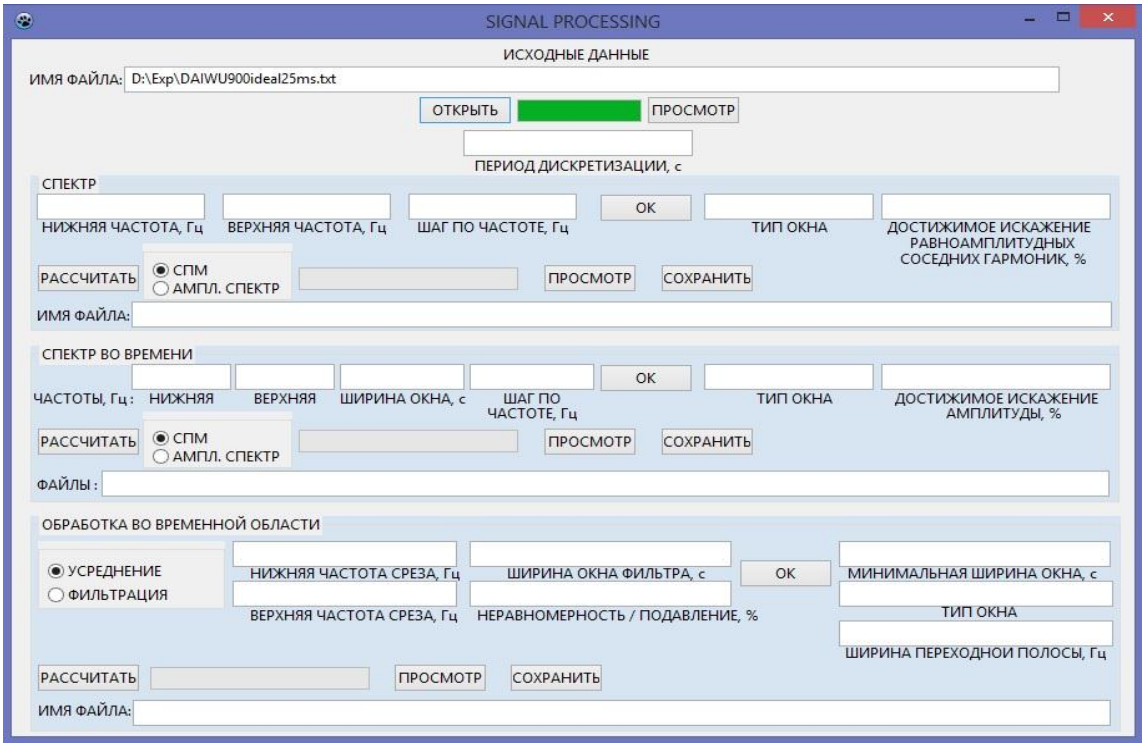


Рисунок 4 – Основное диалоговое окно программы, разработанной для обработки и анализа данных, получаемых из зоны трения трибообъекта

Программа предоставляет исследователю следующие функциональные возможности:

1) Выделение из сигнала спектральных компонент, лежащих в интересующем пользователя частотном диапазоне, осуществляемое методом цифровой КИХ – фильтрации во временной области, с задаваемыми пользователем частотами среза (границами полосы пропускания) фильтра. Выбор ширины и типа временного окна осуществляется программой

автоматически по критерию максимальной селективности при заданных частотах среза. При этом возможно:

– отображение временных диаграмм сигнала до и после фильтрации в задаваемом пользователем интервале времени (рис. 5);

– сохранение массива отсчетов сигнала после фильтрации в виде текстового файла.

2) Выявление наличия/отсутствия в исходном или в фильтрованном сигнале тех или иных спектральных компонент на основании рассчитываемой программой спектральной плотности мощности (СПМ) и/или амплитудного спектра сигнала. Расчет осуществляется методом дискретного преобразования Фурье (ДПФ) при ширине окна, равной длительности всего интервала наблюдения сигнала, при задаваемых пользователем границах частотного диапазона и разрешении по частоте и автоматизированном выборе типа временного окна по критерию минимальных искажений соседних по частоте спектральных компонент. При этом возможно:

– отображение графиков СПМ и амплитудного спектра в задаваемом пользователем частотном диапазоне (рис. 6, 7);

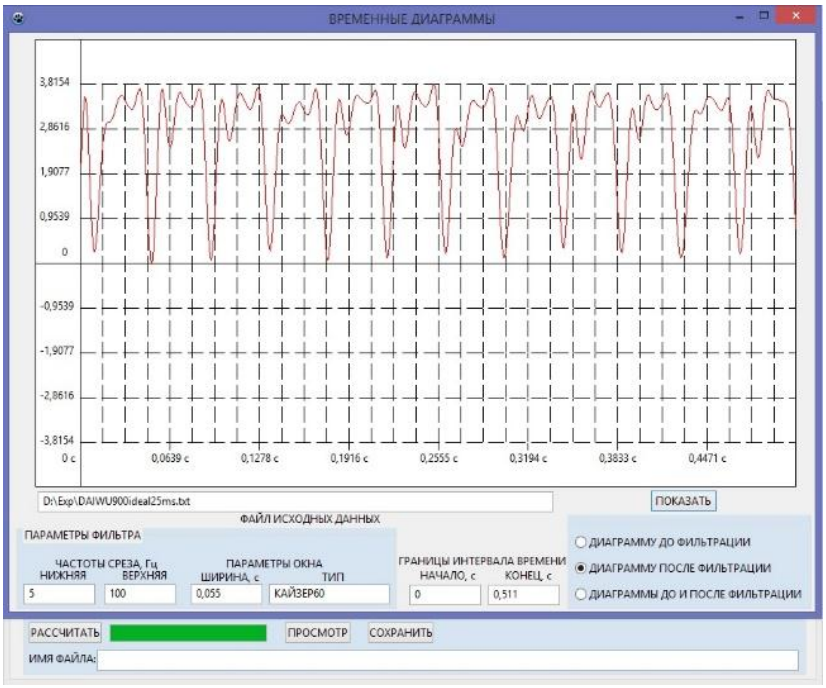
– сохранение массива отсчетов СПМ и/или амплитудного спектра в виде текстового файла.

3) Исследование характера изменения СПМ и амплитуд, интересующих пользователя спектральных компонент во времени, на основании результатов вейвлет-преобразования. Последнее осуществляется с применением вейвлета, представляющего собой комплексную синусоиду, модулированную по амплитуде временным окном [7]. При этом диапазон частот исследуемых спектральных компонент, шаг по частоте, а также длительность окна для наиболее низкочастотной из компонент задаются пользователем. Тип окна и его длительность на других частотах выбираются автоматически, исходя из критерия минимальных искажений амплитуды исследуемой спектральной компоненты. Возможно:

– отображение результатов вейвлет-преобразования в виде частотно-временного плана (рисунок 8) или зависимости амплитуды / СПМ выбранной пользователем спектральной компоненты в заданном им интервале времени (рис. 9);

– сохранение результатов вейвлет-преобразования на каждой из частот в виде отдельного текстового файла.

а)



б)

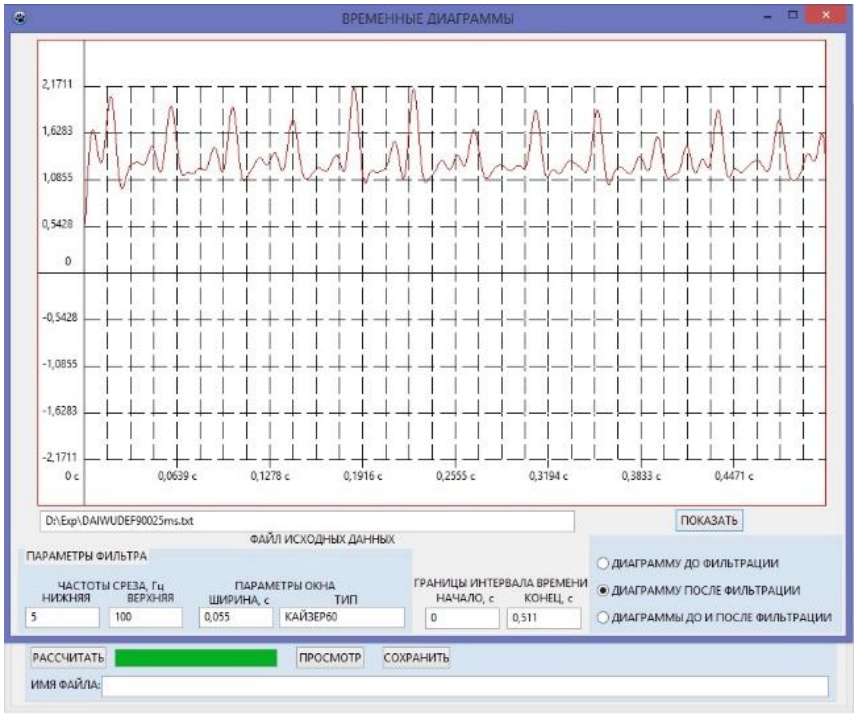
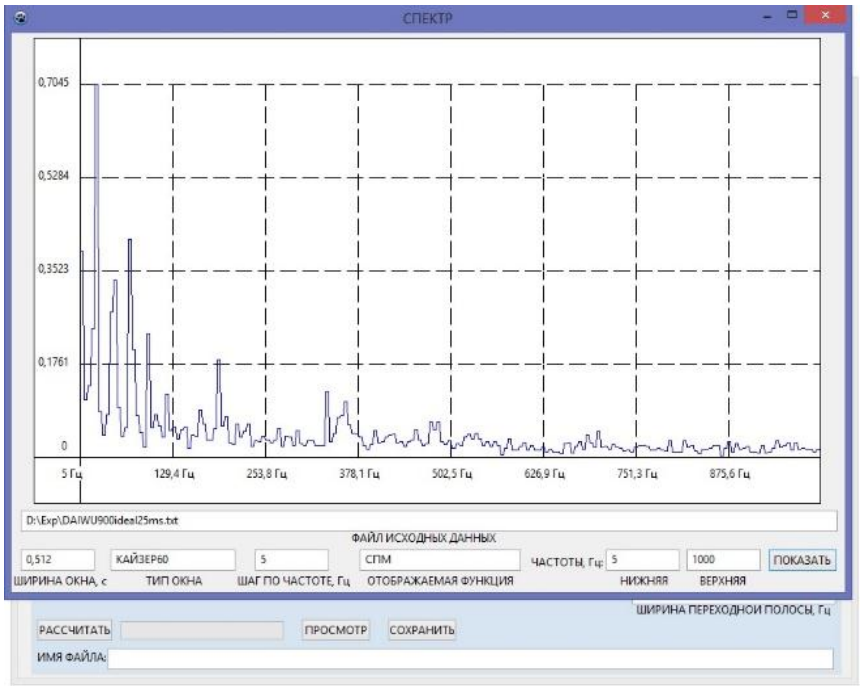


Рисунок 5 – Цифровая фильтрация сигнала:
а) нормальной опоры; б) деформированной опоры

а)



б)

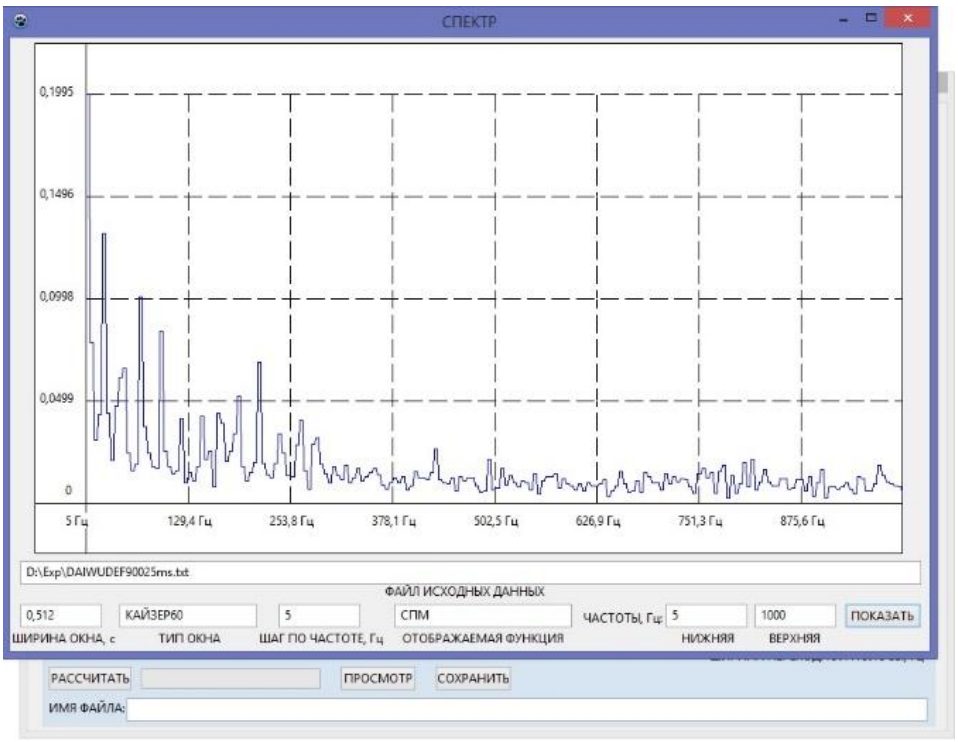
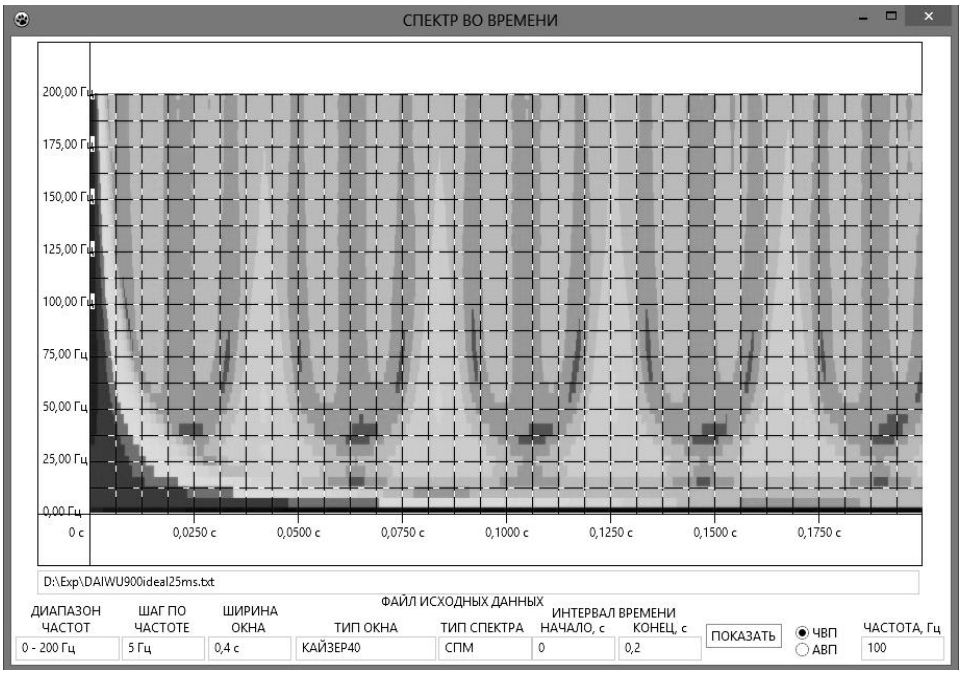


Рисунок 6 – Спектральная плотность мощности сигнала, полученного с:
а) нормальной опоры; б) деформированной опоры

а)



б)

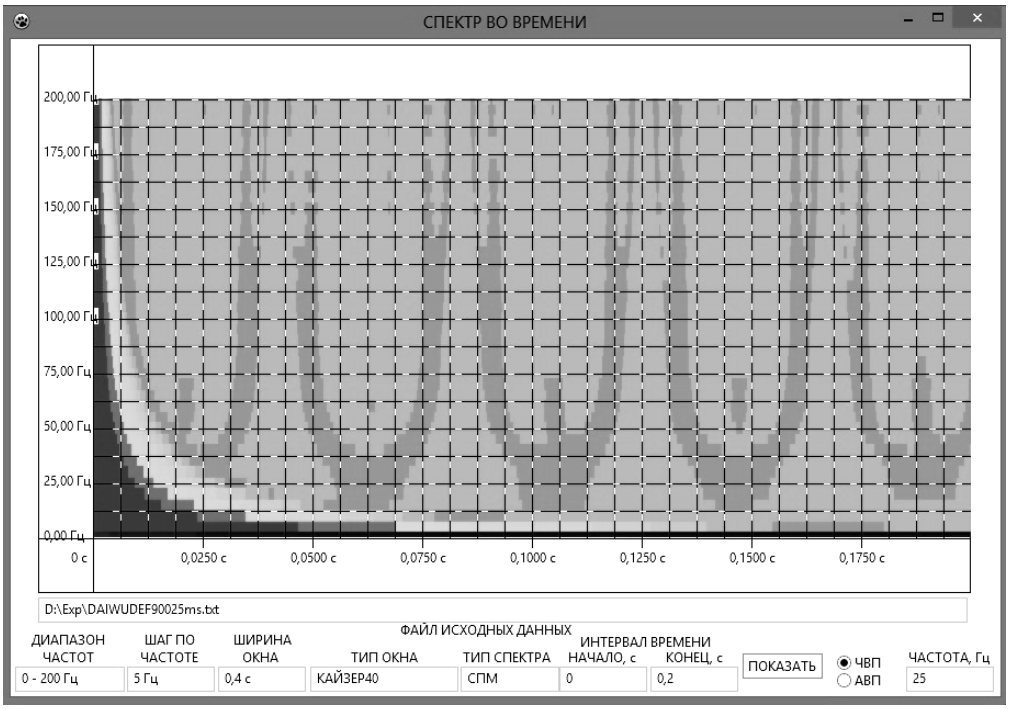
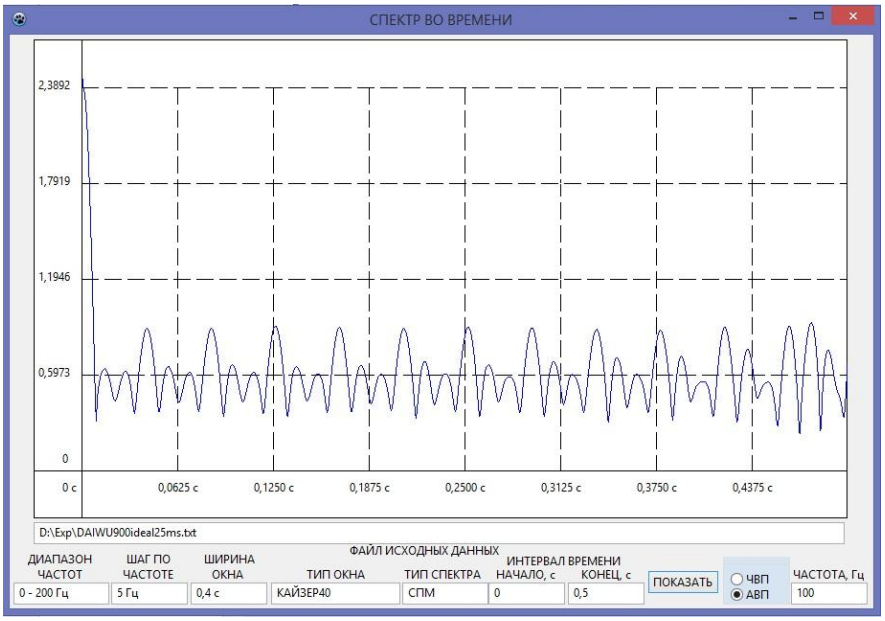


Рисунок 7 – Вейвлет-преобразование сигнала, полученного с:
а) нормальной опоры; б) деформированной опоры

а)



б)

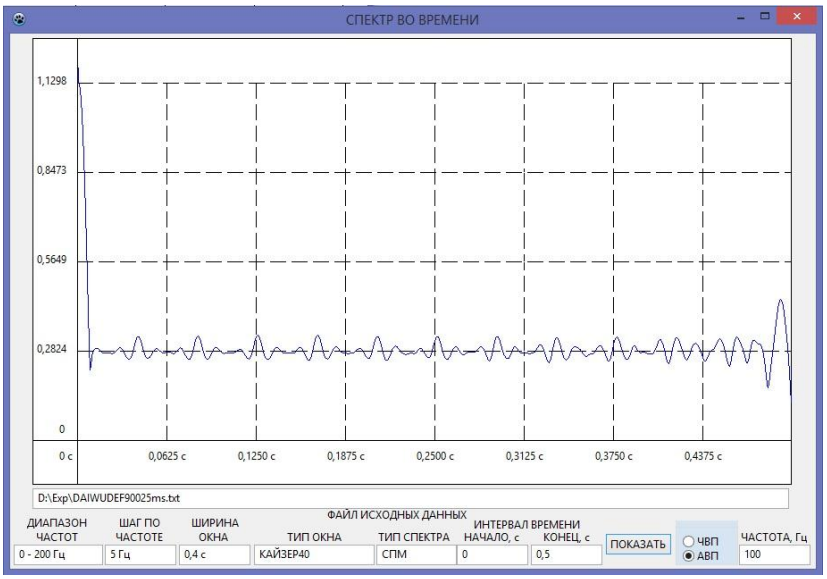


Рисунок 8 – СПМ выбранной спектральной компоненты частотой 100 Гц в заданном интервале времени сигнала, полученного с:
а) нормальной опоры и б) деформированной опоры

ВЫВОДЫ

Анализ результатов, полученных посредством разработанных информационно-измерительной системы и программного обеспечения, показал следующее:

1. Разработанная информационно-измерительная система позволяет осуществлять синхронизированный во времени сбор данных с 3-х измерительных каналов, несущих информацию о нагрузке, угле поворота сферической поверхности и электрическом сопротивлении пары трения.

2. Результаты обработки полученных данных посредством разработанной программы показали, что она позволяет решить следующие задачи анализа и диагностики пар трения.

Фильтрация сигналов во временной области (рис. 5) позволяет выделить спектральные составляющие, информативные для каждого конкретного случая, с максимально достижимой селективностью при заданной длительности окна фильтра, что обеспечивается автоматизированным выбором его характеристик. В свою очередь, визуальный анализ временных диаграмм сигнала после фильтрации позволяет:

– провести предварительный контроль состояния опоры (рис. 5(а) и 5(б));

– исследовать базовые характерные особенности диагностических сигналов пар трения; в частности, выявлено, что данные сигналы периодичны с частотой вращения опоры;

– предварительно выявить составляющие, которые определяют базовый спектр сигналов деформированной и нормальной опоры, с целью более детального их исследования методами спектрального анализа.

Рассчитываемые программой СПМ и амплитудный спектр сигнала позволяют при обеспечении минимальных достижимых искажений амплитуд/СПМ при заданных длительности окна и разрешении по частоте, обеспечиваемых автоматизированным выбором типа окна:

– исследовать характер спектра диагностических сигналов пар трения при различных состояниях с целью разработки методик и алгоритмов их контроля и диагностики; в частности, выявлено, что различия спектров сигналов нормального и деформированного образца (рис. 6) в области низких частот определяются макрогеометрией взаимодействующих поверхностей [8], а высоких – процессами, происходящими в зоне трения;

– выявить основные спектральные компоненты диагностического сигнала пары трения, подлежащих исследованию во времени, с целью детализации и уточнения методик и алгоритмов контроля и диагностики трибоузлов.

Функция вейвлет-анализа диагностических сигналов с максимально достижимой разрешающей способностью при заданных длительности окна и шага по частоте, обеспечиваемой автоматизированным выбором параметров вейвлета, позволяет:

– исследовать частотно-временной план основных спектральных компонент диагностических сигналов (рис. 8), а также характер изменения каждой из них во времени (рис. 9) при различных состояниях пары трения;

– детализировать и уточнить методики и алгоритмы контроля и диагностики трибоузлов с целью повышения их достоверности.

3. Результаты предварительных исследований диагностических сигналов, полученные посредством разработанной информационно-измерительной системы с нормальных и деформированных образцов, показали, что временные диаграммы их информативных составляющих, спектральный состав и частотно-временные планы имеют характерные отличия. Следовательно, разработанное аппаратное и программное обеспечение является перспективным для анализа и обработки диагностических сигналов в трибологических исследованиях при использовании электрорезистивного метода с целью разработки методик и алгоритмов контроля и диагностики сферических трибоузлов.

В настоящее время планируется проведение статистических экспериментальных исследований с применением разработанной ИИС для промышленных образцов со сферическими парами трения (эндопротезов, шаровых опор и подпятников).

Работа выполнена в рамках тематического плана научно-исследовательской работы НОЦ «ДИАТРАСПРИБОР» и кафедр ЭВТИБ и ПС ОГУ им И.С. Тургенева.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Браун Э.Д. Современная трибология: итоги и перспективы / Э.Д. Браун, И.А. Буяновский, Н.А. Воронин и др.; под ред. К.В. Фролова. – М.: Издательство ЛКИ, 2008. – 480 с.; ISBN 978-5-382-00518-8.
2. Жидков А.В. и др. Программно-аппаратный комплекс для испытаний эндопротеза тазобедреннего сустава с парой трения «металл-металл» / А.В. Жидков, М.П. Жильцов, А.А. Лупандин, С.С. Вьюн, О.А. Лобода, В.В. Мишин, К.В. Подмастерьев // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии, 2016. – № 1(315). – С. 111-120.
3. Жидков А.В. и др. Однополярный источник тока с имитатором сопротивления для измерительного канала лабораторного стенда для испытаний эндопротеза тазобедренного сустава / А.В. Жидков, М.П. Жильцов, А.С. Пашментова, В.В. Мишин // Фундаментальные и прикладные аспекты создания биосферосовместимых систем. Материалы II-й Международной научно-технической интернет-конференции, декабрь 2014 г. – С. 351-355.
4. Жидков А.В., Жильцов М.П, Павлюченко И.В. Блок усиления и фильтрации электрического сигнала пары трения эндопротеза при трибоиспытаниях // «Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации». XII-я Международная научно-практическая конференция, 19-20 марта 2015 года. – Том 2. – С. 95-99.
5. Мишин В.В., Подмастерьев К.В., Марков В.В. Приборная база для комплексного диагностирования подшипников // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии, 2011. – № 4. – С. 111-120.
6. Жидков А.В. и др. Экспериментальные исследования электрических параметров процессов в зоне трения сферической детали / А.В. Жидков, М.П. Жильцов, А.С. Пашментова, И.В. Павлюченко, Л.С. Бобернага // Международная научно-техническая интернет-конференция «Информационные системы и технологии-2015».

7. Тютякин А.В. О применении вейвлет-преобразования в спектральном анализе информативных сигналов систем неразрушающего контроля и диагностики // Контроль. Диагностика, 2012. – №8. – С. 11-16.
8. Мишин В.В. Метод и средства диагностирования подшипниковых узлов с учетом макрогеометрии дорожек качения: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Орел, 2000 г.

Жидков Алексей Владимирович
ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева»», г. Орел
Аспирант кафедры «Электроника, вычислительная техника и информационная безопасность»
Тел.: 8 953 622 23 32
E–mail: alexeyzhidkov54@yandex.ru

Жильцов Михаил Петрович
ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева»», г. Орел
Аспирант кафедры «Электроника, вычислительная техника и информационная безопасность»
Тел.: 8 953 629 12 36
E–mail: mik2015zh@yandex.ru

Мишин Владислав Владимирович
ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева»», г. Орел
Кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Электроника, вычислительная техника и информационная безопасность»
Тел.: 8 953 613 38 79
E–mail: vlad89290@gmail.com

Тютякин Александр Васильевич
ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева»», г. Орел
Кандидат технических наук, доцент кафедры «Электроника, вычислительная техника и информационная безопасность»
Тел.: 8 919 268 65 88
E–mail: avt@rbcmail.ru

A.V. ZhIDKOV *(Post-graduate Student of the Department «Electronics, Computer Facilities and Information Security»)*

M.P. ZhIL'COV *(Post-graduate Student of the Department «Electronics, Computer Facilities and Information Security»)*

V.V. MIShIN *(Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Head of the Department «Electronics, Computer Facilities and Information Security»)*

A.V. TYuTYaKIN *(Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department «Electronics, Computer Facilities and Information Security»)*
Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel

INFORMATION MEASURING SYSTEM FOR ANALYSIS AND DIAGNOSIS SIGNAL WITH A SPHERICAL FRICTION PAIRS

The article describes the structure and operation of information-measuring system for analysis and diagnostics signals with spherical friction pairs. Information-measuring system is designed for the study of the processes taking place in the friction zone of spherical surfaces (during the test) under conditions close to reality. Information and measuring system allows testing of interacting spherical surfaces, analyze and interpret the data for informative conclusions about the functionality of the test triboobject.

Keywords: *tribodiagnostics; tribomonitoring; testing; boundary layers; spherical surfaces; test devices; lubrication; electroresistive method; friction; tribocoupling; wear; device.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Braun E'.D. Sovremennaya tribologiya: itogi i perspektivy' / E'.D. Braun, I.A. Buyanovskij, N.A. Voronin i dr.; pod red. K.V. Frolova. – M.: Izdatel'stvo LKI, 2008. – 480 s.; ISBN 978-5-382-00518-8.
2. Zhidkov A.V. i dr. Programmno-apparatny'j kompleks dlya ispy'tanij e'ndoproteza tazobedrennego sustava s paroj treniya «metall-metall» / A.V. Zhidkov, M.P. Zhil'cov, A.A. Lupandin, S.S. V'yun, O.A. Loboda, V.V. Mishin, K.V. Podmaster'ev // Fundamental'ny'e i prikladny'e problemy' texniki i texnologii, 2016. – № 1(315). – S. 111-120.
3. Zhidkov A.V. i dr. Odnopolyarny'j istochnik toka s imitatorom soprotivleniya dlya izmeritel'nogo kanala laboratornogo stenda dlya ispy'tanij e'ndoproteza tazobedrennogo sustava / A.V. Zhidkov, M.P. Zhil'cov, A.S. Pashmentova, V.V. Mishin // Fundamental'ny'e i prikladny'e aspekty' sozdaniya biosferosovmestimy'x sistem. Materialy' II-j Mezhdunarodnoj nauchno-texnicheskoj internet-konferencii, dekab' 2014 g. – S. 351-355.
4. Zhidkov A.V., Zhil'cov M.P, Pavlyuchenko I.V. Blok usileniya i fil'tracii e'lektricheskogo signala pary' treniya e'ndoproteza pri triboispytaniyax // «Sovremenny'e instrumental'ny'e sistemy', informacionny'e texnologii i innovacii». XII-ya Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya, 19-20 marta 2015 goda. – Tom 2. – S. 95-99.
5. Mishin V.V., Podmaster'ev K.V., Markov V.V. Pribornaya baza dlya kompleksnogo diagnostirovaniya podshipnikov // Fundamental'nye i prikladny'e problemy' texniki i texnologii, 2011. – № 4. – S. 111-120.
6. Zhidkov A.V. i dr. E'ksperimental'ny'e issledovaniya e'lektricheskix parametrov processov v zone treniya sfericheskoj detali / A.V. Zhidkov, M.P. Zhil'cov, A.S. Pashmentova, I.V. Pavlyuchenko, L.S. Bobernaga // Mezhdunarodnaya nauchno-texnicheskaya internet-konferenciya «Informacionny'e sistemy' i texnologii-2015».
7. Tyutyakin A.V. O primenenii vejvlet-preobrazovaniya v spektral'nom analize informativny'x signalov sistem nerazrushayushhego kontrolya i diagnostiki // Kontrol'. Diagnostika, 2012. – №8. – S. 11-16.
8. Mishin V.V. Metod i sredstva diagnostirovaniya podshipnikovy'x uzlov s uchetom makrogeometrii dorozhek kacheniya: avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni kandidata texnicheskix nauk. – Orel, 2000 g.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ

УДК 004.773, 004.031.4

А.А. АРБУЗОВ, А.В. ЖУКОВ, Д.А. ПОЛОВИНКИН, С.В. ХОРОБРЫХ

КОНЦЕПЦИЯ КЛИЕНТ-СЕРВЕРНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ И МОНИТОРИНГА ВЕЛОМАРШРУТОВ

Велосипед в мегаполисе – отличное средство для того, чтобы добраться до нужного места, избежав пробок, сэкономив деньги и в то же время позаботившись о своем здоровье. Однако обеспечение нормальных условий для перемещения велосипедистов – проблема, с которой сталкиваются власти любого города. В статье рассматривается концепция приложения (в тексте – «система»), которое позволит собирать статистику о перемещениях велосипедистов, добровольно установивших клиентское приложение на персональное мобильное устройство и зарегистрировавшихся в системе. С одной стороны, это поможет пользователям координировать действия группы, с другой – администрация города сможет принять более правильные решения по адаптации города под нужды велосипедистов.

***Ключевые слова**: геопозиционирование; геолокация; мобильное приложение; велопрогулка; велоприложение; езда на велосипеде; трекинг маршрута; мониторинг маршрутов; сбор статистики.*

АКТУАЛЬНОСТЬ РЕШАЕМОЙ ЗАДАЧИ

В настоящее время в развитии информационных технологий ярко проявили себя три тенденции:

– рост рынка носимой электроники (согласно исследованиям компании SmartInsights [1], количество пользователей носимой электроники уже в 2014 году превысило количество пользователей персональных компьютеров);

– расширение концепции «интернета вещей» (InternetofThings, IoT [2]);

– расширение возможностей и рост производительности носимых устройств (по исследованиям AnandTech[3], современные ARM-процессоры, устанавливаемые в большинстве смартфонов, могут соответствовать уровню чипов IntelAtom 2008 г. Это значит, что общие характеристики производительности современного коммуникатора, включая графику, будут соответствовать лэптопу примерно 2004 года.).

С момента своего появления мобильные платформы продолжают стремительный захват рынка приложений. По данным компании Appfigures [4] известно, что ведущими источниками программ в современном мире стали AmazonAppstore, GooglePlayStore и AppleAppStore. За прошедший год количество приложений в каталогах Google, Apple и Amazon значительно возросло. Согласно статистике Appfigures, за 2014 год количество приложений в каталоге AppStore составило на конец года 1,21 млн, в PlayStore – 1,43 млн, в Amazon – 293 тысяч позиций в каталоге. При этом все три источника показывают значительные темпы роста не только по количеству приложений, но и по количеству разработчиков. Лидером здесь является GooglePlay, за год количество разработчиков для ОС Android увеличилось до 175%.

Также, согласно данным Appfigures [4], наиболее растущими за 2015 год по количеству приложений категориями в AppleStore стали «Бизнес», «Еда и напитки», «Стиль жизни», «Социальные».

Для GooglePlay статистика несколько другая, Здесь наиболее быстро растущими оказались категории «Игры» и «Фотография».

Большинство мобильных приложений на современном этапе относятся к категории B2C, т.к. B2B-приложения еще только-только начинают выходить на рынок. Но потенциальный рост их очень велик. Несмотря на различные цифры в прогнозируемых показателях динамики рынка, все исследователи соглашаются, что рынок мобильных приложений является одним из самых перспективных направлений.

В настоящее время на рынке представлено множество приложений для занятия велоспортом, лидером в этой области по количеству установок является Endomodo (более 10 000 000 установок). Приложение отслеживает персональную статистику, предоставляет подсказки пользователю на основе личной статистики, есть возможность поделиться достижениями с друзьями. Еще одним из самых популярных приложений для велосипедистов является Strava (около 10 000 000 установок). Приложение также является аналогом личного тренера, оно предлагает выполнять задания, отслеживать перемещения по GPS и сравнивать с предыдущими результатами.

Существует целый класс приложений (RuntasticRoadBike, MapMyRide и др.), которые предоставляют приблизительно похожие функции как бесплатно, так и за умеренную плату. Однако ни одно из приложений аналогов не предлагает функцию онлайн-отображения геолокационных данных на карте для других пользователей в виде маршрутов. Другими словами, современное состояние индустрии мобильных приложений для геопозиционирования таково, что на рынке не представлены приложения с возможностью управления отображением геолокационных данных велопрогулок с использованием социальных сервисов в режиме реального времени.

В свете вышесказанного актуальным предоставляется построение концепции клиент-серверного приложения для построения и мониторинга веломаршрутов (далее – система) с возможностями монетизации по моделям B2C (демонстрация рекламы конечным пользователям), B2B (размещение платной рекламы на картах отображаемым пользователям), B2G (статистический анализ городских веломаршрутов и подготовка статистических отчетов для городской администрации).

ПОЛЬЗОВАТЕЛИ СИСТЕМЫ

В системе выделяются различные группы пользователей. Под группой подразумеваются пользователи с эквивалентными правами доступа к элементам системы.

Всего выделяются три группы: рядовые пользователи, администратор системы и B2B/B2G-партнеры (далее – партнеры):

1. Рядовые пользователи используют мобильное приложение для получения геолокационной информации о своем местоположении и местоположении других пользователей, которые предоставили ему такую возможность.

2. Администраторы системы с помощью панели администрирования осуществляют контроль над состоянием всей системы.

3. Партнеры имеют доступ к модулю формирования статистических отчетов, с помощью которого они имеют возможность аккумулировать информацию по заданным критериям отбора.

Для системы предусмотрены возможности использования нескольких моделей монетизации, выбор окончательной модели целесообразно отложить до тестовой эксплуатации опытного образца. Рядовые пользователи могут получать версию приложения по следующим моделям распространения:

– бесплатное мобильное приложение с показом рекламы от партнеров (модель Adware);

– платное приложение без рекламы.

Партнерам предлагается заключение различных договоров, регламентирующих доступ к данным сервиса. Исходя из требований партнера, администратором формируется учетная запись с доступом к оговоренной информации неперсонального характера.

НАЗНАЧЕНИЕ И ВОЗМОЖНОСТИ СИСТЕМЫ

Система предназначена для осуществления сбора и мониторинга геолокационных данных в реальном времени, их архивирования с возможностью последующего анализа и формирования на их основе статистических и инфографических отчетов. Каждой группе пользователей соответствуют наборы функциональных возможностей [5].

Администратор системы осуществляет контроль над системой посредством операций, выполняемых из панели администрирования. Для получения доступа к панели необходимо пройти авторизацию. Администратору, находящемуся в панели управления, предоставлена возможность предпринять одно или несколько действий:

– изменить режим функционирования системы;

– выполнить резервное копирование базы данных;

– разослать уведомления как одному пользователю, так и группе, отвечающей заданным параметрам;

– редактировать базу данных, используя предоставленный дружественный интерфейс.

Варианты использования системы для администратора представлены на рисунке 1.

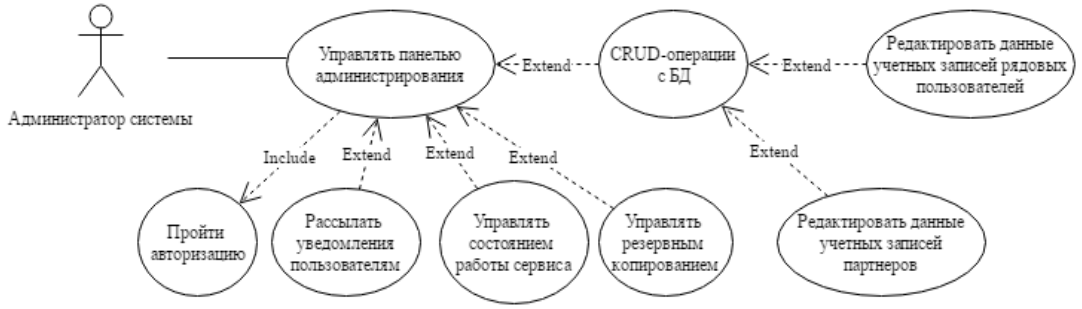


Рисунок 1 – Диаграмма вариантов использования для администратора системы

Группа партнеров системы обладает иным набором привилегий и возможностей, ориентированных, в первую очередь, на сбор, обработку и графическое представление накопленных в системе данных.

Чтобы воспользоваться этими возможностями, партнерам необходимо обратится к странице управления учетной записью, доступ к которой производится также с помощью предварительной авторизации.

Партнерам системы предоставляются следующие возможности:

– редактировать некоторые данные своей учетной записи;

– связаться с техподдержкой системы;

– управлять доступной статистикой;

– составлять новый или редактировать существующий набор шаблонов представления статистических данных;

– осуществлять отбор статистических данных по некоторому набору заранее определенных критериев;

– экспортировать статистику в различных форматах.

Варианты использования системы для партнера представлены на рисунке 2.

Последняя группа – рядовые пользователи – пользуются услугами системы, используя мобильное приложение, которое предоставляет нижеописанные возможности:

– выполнить действия, необходимые для осуществления авторизации в системе;

– редактировать данные своего профиля;

– осуществлять взаимодействие с картой местности;

– манипулировать локальной статистикой;

– управлять настройками приватности;

– активировать сервис передачи геоданных.

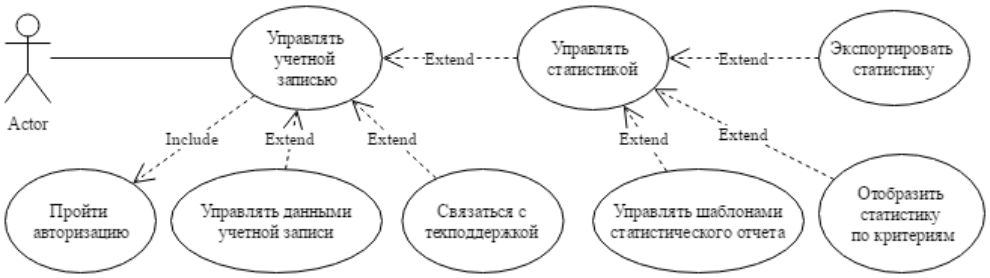


Рисунок 2 – Диаграмма вариантов использования для партнеров системы

Варианты использования системы для рядовых пользователей представлены на рисунке 3.

Рисунок 3 – Диаграмма вариантов использования для рядовых пользователей

СОСТАВНЫЕ КОМПОНЕНТЫ СИСТЕМЫ

Система состоит из множества компонентов, каждый из которых предназначен для определенной группы пользователей:

– мобильное приложение рядовых пользователей;

– серверное приложение, в задачи которого входит обработка данных, присланных мобильным приложением, и формирование соответствующего им ответа;

– отдельное приложение, проводящее авторизацию пользователей;

– web-приложение, предоставляемое партнерам;

– web-приложение администратора системы.

Каждый компонент, в свою очередь, разбивается на функциональные модули. Пользовательское мобильное приложение включает в себя: модуль авторизации, управления, обратной связи, картографии, редактирования данных профиля, локального сервиса, настройки приватности данных, формирования маршрутов, локальной статистики. После запуска приложения пользователю необходимо ввести свои данные для прохождения авторизации, они передаются на сервер авторизации. Сервер обрабатывает их и возвращает токен доступа, если система опознала пользователя, иначе возвращается код ошибки. При успешном завершении клиенту предоставляются остальные функциональные модули приложения.

Модуль обратной связи позволяет отправить сообщение администрации системы, для этого модуля передается желаемое послание, которое оформляется в письмо и посылается почтовому серверу, который и осуществляет передачу.

Модуль картографии осуществляет по требованию запросы к серверу картографического сервиса (таких, как GoogleMaps или Yandex.Карты). Вызывающему модулю возвращается полотно карты местности заданного размера, положения и детализации.

Модуль настройки приватности данных позволяет пользователю разрешать либо запрещать доступ к личной информации другим пользователям или группам пользователей. Особенности модуля достаточно подробно описаны в статье [6].

Модуль локальной статистики предоставляет данные, аккумулированное устройством, такие, как пройденное расстояние, маршруты, средняя скорость, текущие координаты и прочее.

Модуль редактирования данных профиля позволяет редактировать некоторые личные данные, например, псевдоним или краткую информацию о себе.

Модуль локального сервиса геолокации запускается однократно после прохождения авторизации. В его задачи входит извлечение данных с устройства глобального позиционирования и передача их на сервер приложения.

Модуль формирования маршрутов друзей осуществляет запрос к серверу и запрашивает данные клиентов, которые являются «друзьями» пользователя. Из этих данных строятся линии, визуально представляющие маршруты.

Модуль управления является центром приложения, он взаимодействует с пользователем и координирует работу остальных модулей.

Структура приложения представлена на рисунке 4.

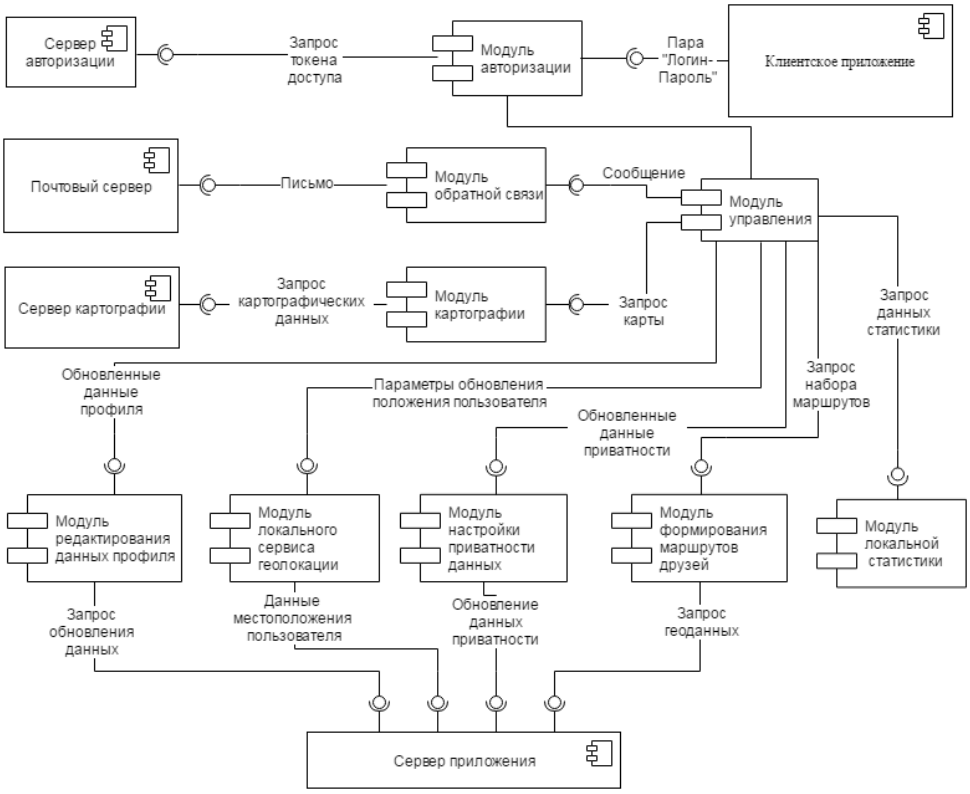


Рисунок 4 – Структура мобильного приложения

Серверное приложение обрабатывает запросы, присланные мобильным устройством, и возвращает результаты обработки. Оно состоит из модуля разбора запроса, модуля формирования ответа и модуля формирования маршрутов. Для более гибкого управления серверной частью целесообразно использовать обратное проксирование [7].

Модуль разбора запроса производит анализ присланных данных. Закончив анализ, он формирует набор данных, которые необходимо будет сформировать модулю формирования ответа.

В зависимости от запрашиваемых данных модуль формирования ответа выполняет различные запросы к серверу с данными пользователя, например, он может запросить персональные данные, список «друзей» и их доступные маршруты.

Модуль формирования маршрутов запрашивает геоданные «друзей» с сервера баз данных и компонует их в единую структуру.

После запроса всех необходимых данных модуль формирования ответа возвращает их в клиентское приложение.

Структура компонента представлена на рисунке 5.

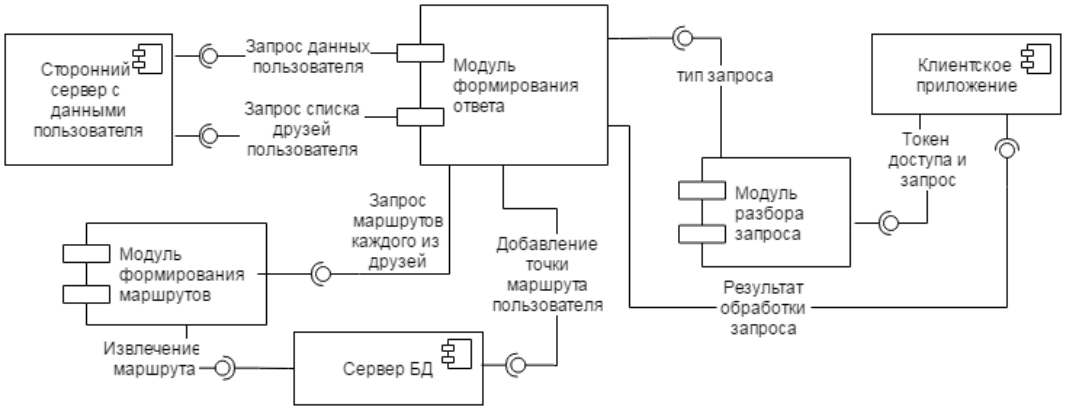


Рисунок 5 – Структура серверного приложения

Компонент авторизации представлен одним модулем – модулем формирования OAuth запроса. Чтобы авторизовать пользователя, модулю необходима пара логин-пароль и метод авторизации. Модель авторизации формирует специфичный для каждого из методов авторизации запрос и выполняет его к соответствующему серверу. Если токен был успешно получен, он возвращается в клиентское приложение, иначе возвращается сообщение об ошибке. Особенности построения подсистемы авторизации и управления информационным обменом достаточно подробно описаны в работе [8].

Структура модуля изображена на рисунке 6.

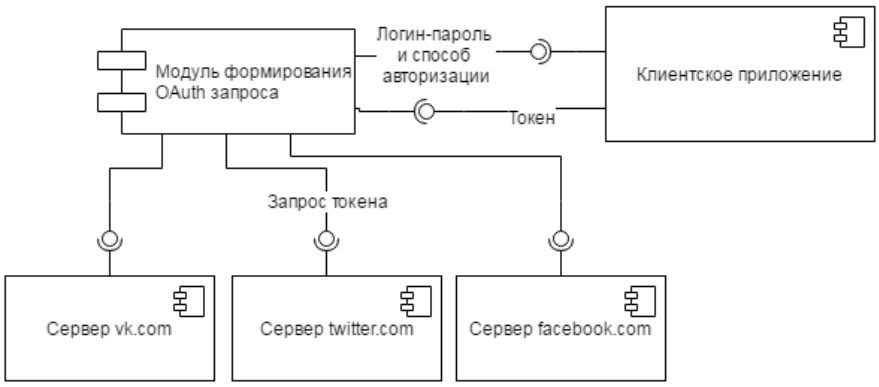


Рисунок 6 – Структура сервера авторизации

Компонент системы, предоставляемый партнерам, доступен в сети Интернет. Он состоит из набора взаимосвязанных модулей: авторизации, управления, обратной связи, редактирования данных профиля, статистики.

Прежде чем приступить к использованию системы, необходимо пройти авторизацию. Данные, введенные партнером, передаются в модуль авторизации, который выполняет запрос к серверу авторизации. Ответом сервера будет или уникальный идентификатор

доступа, или специальное значение, свидетельствующее об отказе в таковом. В случае успешного прохождения этапа авторизации пользователь имеет возможность продолжить работу, выбрав одно из доступных действий с помощью модуля управления.

В зависимости от выбранного действия работа приложения продолжится в одном из модулей: модуле обратной связи, модуле статистики или же модуле редактирования данных профиля.

Если был выбран модуль обратной связи, то пользователю будет предложено ввести сообщение команде техподдержки. Далее это сообщение передается непосредственно модулю, где оно дополняется информацией о пользователе и отправляется почтовому серверу, который уже выполнит отправку письма по электронной почте.

В случае модуля статистики пользователю необходимо задать критерии, по которым будет произведена выборка данных. Из этих критериев модуль формирует запрос к серверу баз данных; полученные данные предоставляются пользователю.

Модуль редактирования данных пользователя требует ввода информации, которой требуется обновление. Затем из нее формируется запрос к серверу баз данных. Партнеру же отправляется отчет о выполненной операции.

Структура приложения партнеров показана на рисунке 7.

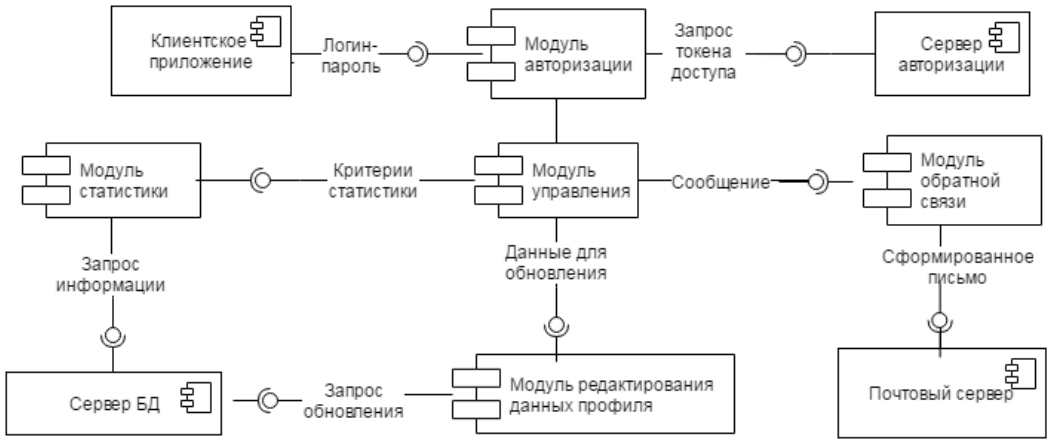


Рисунок 7 – Структура приложения партнеров

Компонент администратора системы, как и предыдущий, представлен web-приложением. В его состав входят следующие модули: модуль авторизации, рассылки уведомлений, управления, управления состоянием приложения, резервного копирования, взаимодействия с базой данных. Прежде чем приступить к работе, администратор должен пройти авторизацию в системе. Схема ее работы аналогична описанной в компоненте партнера. После авторизации возможно обращение к остальным модулям системы.

Чтобы осуществить массовую рассылку сообщений определенным группам пользователей, необходимо воспользоваться модулем рассылки уведомлений. После утверждения критериев целевой группы и ввода передаваемого сообщения модуль отправляет письмо со списком рассылки почтовому серверу.

Использование модуля резервного копирования требует ввода параметров копирования, таких, как график копирования, место расположения резервной копии, формат данных и т.д. После формирования данные отправляются серверу баз данных, который в соответствии с переданными значениями приступает к выполнению задачи.

С помощью модуля управления состоянием приложения возможно изменить режим работы сервиса. После задание новых параметров работы модуль конвертирует их в управляющие сигналы и посылает приложению.

Основной модуль администраторского приложения – модуль взаимодействия с базой данных. Он предоставляет возможность визуального оперирования с данными системы.

Модель преобразует визуально представленные запросы в SQL и посылает их серверу баз данных.

Общая структура данного компонента изображена на рисунке 8.

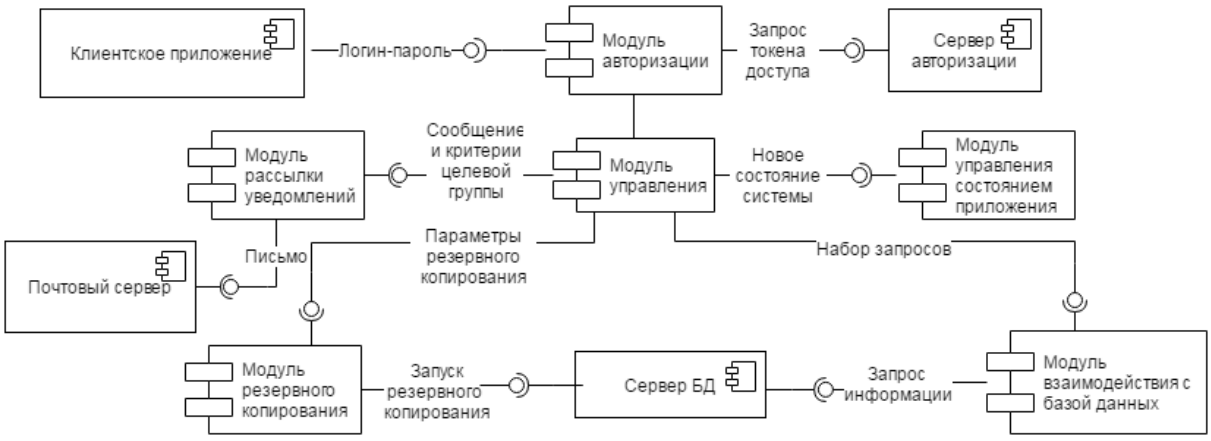


Рисунок 8 – Структура приложения администратора

ВЫВОД

В заключение следует отметить, что основными результатами исследования являются обоснование принципов создания и моделирование клиент-серверного приложения для построения и мониторинга веломаршрутов, включая прототип программно-технического комплекса, реализующий разработанную концепцию. На основе этого в дальнейшем планируется реализация сервиса геолокации в масштабе города.

В перспективе, исходя из полученных результатов, предполагается:

– проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по созданию и использованию прототипов клиентского приложения для мобильных платформ Android, iOS, Windows;

– проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по созданию и использованию прототипа серверного приложения на базе операционной системы GNU\Linux;

– выполнение опытно-конструкторских работ по созданию специализированной сетевой инфраструктуры для обеспечения взаимодействия компонентов вышеобозначенной платформы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Mobile Marketing Statistics compilation [Электронный ресурс]. – URL: http://www.smartinsights.com/mobile-marketing/mobile-marketing-analytics/mobile-marketing-statistics/
2. How Ready is Last Mile Navigation for the IoT Technology? [Электронный ресурс]. – URL: https://itechcraft.com/last_mile_navigation/
3. The Great Equalizer 3: How Fast is Your Smartphone/Tablet in PC GPU Terms [Электронный ресурс]. – URL: http://www.anandtech.com/show/6877/the-great-equalizer-part-3
4. App Stores Growth Accelerates in 2014 compilation [Электронный ресурс]. – URL: http://blog.appfigures.com/app-stores-growth-accelerates-in-2014/
5. Ларман К. Применение UML 2.0 и шаблонов проектирования. Введение в объектно-ориентированный анализ, проектирование и итеративную разработку. – США: «Вильямс», 2013. – 736 с.
6. The Development of Infrastructure Security for Distributed Information Computer Environment Based On Secured Portal Network // International Journal of Applied Engineering Research, 2015. – Volume 10. – № 17. – P. 38116-38120; ISSN 0973-4562

7. Применение технологии обратного проксирования в рамках системы управления информационным обменом сети корпоративных порталов // Информационные системы и технологии, 2011. – № 6(62). – С. 131-136.
8. Особенности построения подсистемы управления доступом системы управления информационным обменом сети корпоративных порталов // Информационные системы и технологии, 2012. – № 4. – С. 103-110.

Арбузов Александр Александрович
ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева»», г. Орел
Студент кафедры «Информационные системы»
Тел.: 8 953 472 65 09
E-mail: arbualex@gmail.com

Жуков Алексей Вячеславович
ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева»», г. Орел
Выпускник факультета социальной педагогики и социальной работы
Тел.: 8 919 206 75 86
E-mail: lekseys@mail.ru

Половинкин Даниил Алексеевич
Студент кафедры «Информационные системы»
Тел.: 8 953 627 80 56
E-mail: dolovinkin@gmail.com

Хоробрых Сергей Владимирович
ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева»», г. Орел
Студент кафедры «Информационные системы»
Тел.: +79092292341
E-mail: dayman.of.the.sun@gmail.com

A.A. ARBUZOV *(Student of the Department «Information Systems»)*

A.V. ZhUKOV *(Graduate of the Department of Social Pedagogy and Social Work)*

D.A. POLOVINKIN *(Student of the Department «Information Systems»)*

S.V. XOROBRY'X *(Student of the Department «Information Systems»)*
Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel

CONCEPT OF THE CLIENT-SERVER APPLICATION FOR BUILDING AND MONITORING OF CYCLE ROUTES

Biking in the city a great tool to get to the right place to avoid traffic jams, save money and at the same time taking care of their health. However, providing good conditions for the movement of cyclists – a problem faced by the authorities of any city. The article discusses the concept of application (referred to as «system»), which will allow to collect statistics on the movements of cyclists voluntarily install the client application on the mobile device and a private register in the system. On the one hand it helps users coordinate the actions of the group, on the other hand, the city administration will be able to take better decisions for the city to adapt to the needs of cyclists.

Keywords: *geolocation; geolocation mobile app; biking; biking app; cycling; tracking routes; route monitoring; statistics collection.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Mobile Marketing Statistics compilation [E'lektronny'j resurs]. – URL: http://www.smartinsights.com/mobile-marketing/mobile-marketing-analytics/mobile-marketing-statistics/
2. How Ready is Last Mile Navigation for the IoT Technology? [E'lektronny'j resurs]. – URL: https://itechcraft.com/last_mile_navigation/

3. The Great Equalizer 3: How Fast is Your Smartphone/Tablet in PC GPU Terms [E'lektronny'j resurs]. – URL: http://www.anandtech.com/show/6877/the-great-equalizer-part-3
4. App Stores Growth Accelerates in 2014 compilation [E'lektronny'j resurs]. – URL: http://blog.appfigures.com/app-stores-growth-accelerates-in-2014/
5. Larman K. Primenenie UML 2.0 i shablonov proektirovaniya. Vvedenie v ob''ektno-orientirovanny'j analiz, proektirovanie i iterativnuyu razrabotku. – SShA: «Vil'yams», 2013. – 736 s.
6. The Development of Infrastructure Security for Distributed Information Computer Environment Based On Secured Portal Network // International Journal of Applied Engineering Research, 2015. – Volume 10. – № 17. – P. 38116-38120; ISSN 0973-4562
7. Primenenie texnologii obratnogo proksirovaniya v ramkax sistemy' upravleniya informacionny'm obmenom seti korporativny'x portalov // Informacionny'e sistemy' i texnologii, 2011. – № 6(62). – C. 131-136.
8. Osobennosti postroeniya podsistemy' upravleniya dostupom sistemy' upravleniya informacionny'm obmenom seti korporativny'x portalov // Informacionny'e sistemy' i texnologii, 2012. – № 4. – C. 103-110.

ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ СЕТИ

УДК 621.391

В.Е. ДЕМЕНТЬЕВ

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ПРОТОКОЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ

В статье предлагается методика оценки эффективности системы протокольной защиты на основе оценки информативности признаков протоколов информационно-телекоммуникационной сети, расчета значений защищенности протоколов и определения коэффициента эффективности. Кроме того, предлагаемая методика использует графический метод представления результатов расчета эффективности, учитывая значения порогового и требуемого значений защищенности протоколов информационно-телекоммуникационной сети.

Ключевые слова: *протокол; защита; протокольная защищенность; информативность; оценка; эффективность; коэффициент эффективности; система протокольной защиты.*

В соответствии с [3], под информационно-телекоммуникационной сетью (ИТКС) понимается технологическая система, предназначенная для передачи по линиям связи информации, доступ к которой осуществляется с использованием средств вычислительной техники. Согласно [4-9], обязательным элементом каждой ИТКС должна быть система защиты. Задачи создания, организации и исследования процессов функционирования, совершенствования и развития систем защиты ИТКС в той или иной степени нашли отражение в трудах ряда отечественных и зарубежных ученых, среди которых Галатенко В.А., Зегжда Д.П., Климов С.М., Домарев В.В., Шаньгин В.Ф. и многие другие. В настоящее время на рынке представлено большое разнообразие средств защиты ИТКС.

Существуют качественные и количественные методы анализа эффективности систем защиты (СЗ). Во многих случаях качественных оценок недостаточно, чтобы ответить на вопрос, насколько надежна защита. Более точны количественные методы. Однако для того, чтобы «измерить» эффективность, необходимо иметь обоснованный критерий (показатель оценки эффективности системы). На практике встречаются следующие типы критериев [4]:

1. Критерии типа «эффект-затраты», позволяющие оценивать достижение целей функционирования СЗ при заданных затратах (так называемая экономическая эффективность).

2. Критерии, позволяющие оценить качество СЗ по заданным показателям и исключить те варианты, которые не удовлетворяют заданным ограничениям. При этом используются методы многокритериальной оптимизации, восстановления функций и функционалов, методы дискретного программирования.

3. Искусственно сконструированные критерии, позволяющие оценивать интегральный эффект (например, «линейная свертка» частных показателей, методы теории нечетких множеств).

Для оценки качества системы защиты могут быть использованы международные стандарты ISO/IEC 17799 и стандарты РФ [4-9]. В первом из них предлагается расширенный перечень аспектов информационной безопасности. Он начинается с принципов разработки политики безопасности, включает основы проверки системы на соответствие требованиям информационной безопасности, содержит практические рекомендации.

Стандарт [4] определяет критерии безопасности информационных технологий. В нем не приводится список требований по безопасности, но положения стандарта позволяют сформулировать цели безопасности, направленные на обеспечение противостояния угрозам и выполнение политики безопасности, т.е. те цели, которые должны использоваться как

основа для оценки свойств безопасности продуктов, систем и информационных технологий. Стандарт описывает инфраструктуру, в которой пользователи системы могут сформулировать требования, а эксперты по безопасности определить, обладает ли продукт заявленными свойствами.

Эффективность функционирования СЗ зависит от множества действующих взаимосвязанных между собой элементов и, как правило, оценивается совокупностью критериев, находящихся в сложных конфликтных взаимоотношениях.

Отсутствие на сегодняшний день общего подхода к решению задач данного класса закономерно влечет за собой многообразие различных невзаимосвязанных методов оценки качества.

Высокие требования, предъявляемые к защищенности ИТКС, предопределяют необходимость проведения оценки эффективности систем их защиты. Это сложная организационно-технологическая задача, решение которой находится комплексно и требует системного подхода.

Трудности определения количественных и качественных оценок эффективности системы протокольной защиты (СПЗ) ИТКС, а, следовательно, и объективного подтверждения эффективности ИТКС, коренятся в несовершенстве существующего нормативно-методического обеспечения информационной безопасности в сложившихся в информационных технологиях подходах, которые принципиально отличаются от разработанных в традиционной инженерии.

В аспекте предлагаемого решения под эффективностью системы протокольной защиты (СПЗ) будем понимать степень ее приспособленности к выполнению возложенных на нее задач. Основной особенностью подобных систем является то, что при выходе из строя отдельных элементов система не выходит из строя полностью, а продолжает выполнять возложенные на нее функции в несколько меньшем объеме [1]. Поэтому для количественной оценки эффективности таких систем используется некий обобщенный показатель, называемый критерием эффективности, – $K_э$. Этот критерий характеризует некоторый средний успех, который достигается в результате функционирования СПЗ.

В соответствии с этой особенностью для оценки эффективности СПЗ информационно-телекоммуникационной сети (ИТКС) предлагается использовать следующую методику.

1-й этап – анализ назначения, задач и условий функционирования СПЗ ИТКС. На этом этапе конкретизируется назначение и задачи системы с учетом особенностей выполнения технологического цикла. Этот этап является подготовительным.

2-й этап – выбор критерия эффективности. Для СПЗ ИТКС наиболее целесообразным критерием эффективности можно рассматривать математическое ожидание числа задач защиты, решаемых системой в заданное время:

$$K_э = M[S], \qquad (1)$$

где S – число задач защиты, выполняемых СПЗ ИТКС в течение заданного времени Δt.

3-й этап – составление структурно-функциональной схемы и расчет надежностных показателей элементов СПЗ ИТКС. На этом этапе система разбивается на ряд элементов, которые могут находиться в одном из двух возможных состояний – «работа» и «отказ». Для СПЗ ИТКС в качестве таких элементов выбираются протоколы и уровни ИТКС. В результате такого разбиения удается построить структурно-функциональную схему, которая представляется в виде ориентированного графа и матриц.

Надежностные характеристики элементов СПЗ задаются в виде вероятности выполнения задач СПЗ – нахождения протоколов и уровнейИТКС в состоянии «работа» в течение заданного времени Δt. Конкретные значения этих показателей вычисляются с учетом информативности признаков протоколов, показателей защищенности протоколов ИТКС и характера протокольных воздействий. В результате получаем последовательность

вероятностей $p_k (k = 1, 2, ..., m)$. Здесь p_k – вероятность выполнения задачи СПЗ с индексом *k*, а *m* – общее число протоколов на всех уровнях ИТКС.

4-й этап – определение возможных состояний СПЗ ИТКС и показателей эффективности каждого состояния. Если система включает *m* протоколов, а каждый из них может находиться в одном из двух возможных состояний, то общее число всех возможных состояний системы будет равно

$$N = 2^m. \tag{2}$$

Если обозначить через X_r состояние, при котором первые *r* протоколов ИТКС находятся в состоянии «работа», а остальные *m-r* протоколов – в состоянии отказа, то вероятность такого состояния определится по формуле:

$$P(X_r) = \prod_{k=1}^{r} p_k \prod_{k=r+1}^{m} (1 - p_k). \tag{3}$$

Используя формулу (3), можно вычислить вероятности всех возможных состояний СПЗ ИТКС. В каждом из них СПЗ ИТКС способна решить определенное число задач защиты. Таким образом, каждому состоянию системы $x_j (j = 1, 2, ..., N)$ можно поставить в соответствие вероятность такого состояния $P(x_j)$ и число решаемых задач S_j в этом состоянии.

5-й этап – расчет критерия эффективности системы протокольной защиты ИТКС. Общий критерий эффективности определяется как математическое ожидание числа задач защиты, которые могут быть решены в течение заданного времени Δt [2]. Вероятностью перехода из одного состояния в другое в течение времени Δt пренебрегаем.

Тогда

$$K_э = M[S] = \sum_{j=1}^{N} P(X_j) S_j. \tag{4}$$

Кажущаяся простота формулы обманчива.

При достаточно большом числе протокольных воздействий на ИТКС расчет становится достаточно трудным. Поэтому на практике ищут способы упрощения расчетов. Например, при симметричной структуре и одинаковых характеристиках протокольных воздействий достаточно произвести расчет для части ИТКС. При вычислениях, как правило, исключают из рассмотрения маловероятные состояния СПЗ ИТКС.

Задача расчета критерия эффективности может быть решена методом статистического моделирования функционирования СПЗ ИТКС. В качестве примера расчетов коэффициента эффективности представлены результаты на рисунке 1.

Таким образом, в рамках представленной статьи представлен разработанный подход по оценке эффективности СПЗ ИТКС. Предложенный подход содержит в своей основе критерий эффективности, учитывающий информативность признаков протоколов ИТКС, их защищенность и возможные протокольные воздействия. Рассчитанный критерий эффективности используется при проверке соответствия реальной системы заданным тактико-техническим требованиям или при сравнительной оценке проектов различных вариантов СПЗ ИТКС. Используемые диаграммы состояний дают возможность визуализировать процесс анализа протокольной защищенности ИТКС.

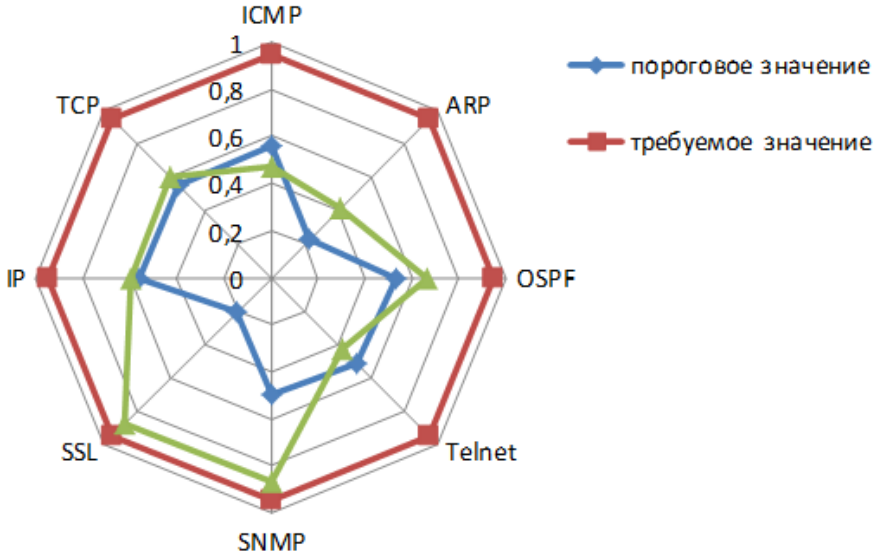


Рисунок 1 – Оценка эффективности с помощью графического способа представления результатов

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Давыдов Г.Б., Рогинский В.Я. Гопчин А.Я. Сети электросвязи. – М.: Связь, 1978. – 38 с.
2. Сеидов Т.М., Румянцев А.Н. Автоматизированные системы управления войсками и связью. – М.: МО СССР, 1983. – 52 с.: ил.
3. Федеральный закон № 149-ФЗ от 27.0.7.2006 «Об информации, информационных технологиях и о защите информации».
4. ГОСТ Р ИСО/МЭК 15408-2008. Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Критерии оценки безопасности информационных технологий; в трех частях.
5. ГОСТ Р 50922-2006. Защита информации. Основные термины и определения.
6. ГОСТ Р 53109-2008. Система обеспечения информационной безопасности сети связи общего пользования. Паспорт организации связи по информационной безопасности.
7. ГОСТ Р 53110-2008. Система обеспечения информационной безопасности сети связи общего пользования. Общие положения.
8. ГОСТ Р 53111-2007. Устойчивость функционирования сети связи общего пользования. Требования и методы проверки.
9. ГОСТ РВ 51987-2002. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Типовые требования и показатели качества функционирования информационных систем. Общие положения.

Дементьев Владислав Евгеньевич
Военная академия связи имени Маршала Советского Союза С.М. Буденного, г. Санкт-Петербург
Кандидат технических наук, докторант
E-mail:dem-vlad@rambler.ru

V.E. DEMENT'EV *(Candidate of Engineering Sciences, Doctoral Student)*
Military Academy of Telecommunications named after Marshal S.M. Budyonny, Saint Petersburg

THE METHODIC FOR EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF THE SYSTEM OF PROTOCOL PROTECTION OF INFORMATION AND TELECOMMUNICATION NETWORK

The article suggests a methodology for assessing the effectiveness of the system of protection Protocol based on the evaluation of informative signs protocols information and telecommunications network, calculate the values of

security protocols and determine the efficiency ratio.In addition, the proposed method uses a graphical method of presenting the results of efficiency calculations, taking into account the threshold values and the required values of security protocols information and telecommunications network.

Keywords: *protocol; security; protocol security; information value; estimation; efficiency; coefficient of efficiency; system of protocol protection.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Davy'dov G.B., Roginskij V.Ya. Gopchin A.Ya. Seti e'lektrosvyazi. – M.: Svyaz', 1978. – 38 s.
2. Seidov T.M., Rumyancev A.N. Avtomatizirovanny'e sistemy' upravleniya vojskami i svyaz'yu. – M.: MO SSSR, 1983. – 52 s.: il.
3. Federal'ny'j zakon № 149-FZ ot 27.0.7.2006 «Ob informacii, informacionny'x texnologiyax i o zashhite informacii».
4. GOST R ISO/ME'K 15408-2008. Informacionnaya texnologiya. Metody' i sredstva obespecheniya bezopasnosti. Kriterii ocenki bezopasnosti informacionny'x texnologij; v trex chastyax.
5. GOST R 50922-2006. Zashhita informacii. Osnovny'e terminy' i opredeleniya.
6. GOST R 53109-2008. Sistema obespecheniya informacionnoj bezopasnosti seti svyazi obshhego pol'zovaniya. Pasport organizacii svyazi po informacionnoj bezopasnosti.
7. GOST R 53110-2008. Sistema obespecheniya informacionnoj bezopasnosti seti svyazi obshhego pol'zovaniya. Obshhie polozheniya.
8. GOST R 53111-2007. Ustojchivost' funkcionirovaniya seti svyazi obshhego pol'zovaniya. Trebovaniya i metody' proverki.
9. GOST RV 51987-2002. Informacionnaya texnologiya. Kompleks standartov na avtomatizirovanny'e sistemy'. Tipovy'e trebovaniya i pokazateli kachestva funkcionirovaniya informacionny'x sistem. Obshhie polozheniya.

УДК 004.056.53

М.Ю. РЫТОВ

МЕТОД ОПТИМИЗАЦИИ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ АЛГОРИТМОВ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ В СРЕДЕ ПОРТАЛА ОРГАНОВ ИСПОЛНИТЕЛЬНОЙ ВЛАСТИ

В статье предложен метод оптимизации дополнительных технических возможностей алгоритмов обработки информации в среде информационного портала органов исполнительной власти на основе целочисленного программирования, отличающийся использованием ограничений на отдельные сетевые ресурсы и позволяющий на основе ограниченного перебора альтернатив Балаша сформировать обобщающий порядок действий для получения ограниченного множества дополнительных функций.

Ключевые слова: *информационный портал; дополнительные технические возможности; коммуникационная среда.*

ВВЕДЕНИЕ

Развитие методов обработки информации в коммуникационной среде органов исполнительной власти осуществляется в направлениях все более полного удовлетворения требований, выдвигаемых ее представителями для улучшения характеристик передачи [1, 2].

Первое направление проявляется в расширении факультативных функций, обеспечиваемых алгоритмами, которые могут быть созданы для обработки информации в определенном режиме («Запрос – Ответ», «Доставка», «Диалог»). В качестве таких функций для рассмотрения алгоритмов обработки информации среды информационного портала наибольший интерес представляют:

– образование групп ограниченного доступа конкретной среды информационного портала;

– формирование хранилищ массивов данных пользователей органов исполнительной власти;

– предварительное согласование между пользователями органов исполнительной власти пропускной способности сквозного тракта в среде информационного портала;

– управление доступом к вычислительным ресурсам или к исходящему потоку данных органов исполнительной власти;

– тарификация информационных потоков, передаваемых через коммуникационную среду портала;

Второе направление заключается во введении специальных алгоритмов обработки информации, предназначенных для:

– снижения времени обработки информационных массивов в среде информационного портала;

– улучшения степени использования пропускной способности для среды информационного портала;

– управления информационными потоками, циркулирующими в среде информационного портала, на основе улучшения характеристик их обработки;

– установления оптимальных параметров обработки информации в среде информационного портала за счет: длины поля данных пользователя органов исполнительной власти в информационном массиве; параметров тракта передачи, используемых для нумерации массивов.

При этом необходимо указать на факторы, общие для обоих направлений. Например, предварительное согласование пропускной способности косвенно связано с регулированием входящего и исходящего трафика. В практике создания средств обработки информации для

информационных порталов наиболее проработаны дополнительные функции (технические возможности), ориентированные на принцип коммутации пакетов (КП).

Предоставление точки доступа к вычислительным ресурсам, ресурсам информационного портала, приложениям может быть связано с другими источникам данных внутри и вне информационного портала. При этом информация должна быть персонифицирована, интегрирована и агрегирована – то есть ее представление максимально направлено на поддержку процессов принятия решений и решений функциональных задач и проблем [3-6].

Согласно принятой терминологии, обозначим средства обмена данными (СОД) символом DTE, а границу среды информационного портала (ГСИП) – символом DCE. Соответствующие тракт и стыки сквозной представлены на рисунке 1.

Рисунок 1 – Стыки и сквозной тракт среды информационного портала

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ФУНКЦИИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В СРЕДЕ ИНФОРМАЦИОННОГО ПОРТАЛА ПОСТОЯННЫХ ВИРТУАЛЬНЫХ КАНАЛОВ

Обычно в алгоритмах обработки информации ДТВ группируются по признаку, определяемому использованием в среде возможных служб передачи пакетов, а именно – служб постоянных виртуальных каналов (СПВК), виртуального вызова (СВВ) и дейтаграммной (ДТС) службы. СПВК и СВВ в службе коммутации пакетов (СКП) вводятся, главным образом, для организации обработки информации при наличии жестких требованиях ко времени ее доставки (режимы «Запрос – Ответ», «Диалог»). Это приводит к тому, что назначение ряда ДТВ заключается в создании условий, приводящих к сокращению времени доставки пакетов и их обработки в среде информационного портала. К ним относятся [7]:

1. Формирование параметров управления информационными потоками. Данная ДТВ инициируется со стороны СОД в процессе установления ПВК, признак ее включается в пакет «Запрос вызова». Ответ СОД содержится в примитиве «Вызов принят». Параметрами управления потоком в конкретном направлении передачи являются размер пакета (максимальная длина поля пользователя органов исполнительной власти в пакете) и максимальное число неподтвержденных пакетов, определяемого размером окна.

2. Определение классов пропускной способности, также инициируемых при передаче примитива «Запрос вызова». Ответная служебная информация содержится в примитиве «Вызов принят». Если данной информации не содержится в указанном примитиве, то пропускная способность данного направления в среде задается значением в примитиве «Запрос вызова».

3. Определение нестандартных размеров пакета. Согласуется с администрацией среды информационного портала и может быть выбрана из ряда рекомендованных значений. Это позволяет обеспечить согласование размера пакета с длиной информационного массива, задаваемого в среде портала для конкретной категории пользователей органов исполнительной власти.

4. Запрос быстрой избирательной передачи. Эта ДТВ запрашивается СОД в пакете «Запрос вызова» и разрешает включение данных пользователя органов исполнительной

власти в примитивы «Вызов принят», «Соединение установлено» и «Индикация разъединения». Необходимо отметить, что включение данных пользователя органов исполнительной власти в примитив «Запрос вызова» допускается в СВВ и без обращения к указанной ДТВ. Применение рассматриваемой ДТВ позволяет существенно сократить время доставки пакетов, время занятия ВК. Выигрыш может существенно возрасти при значительном времени реакции пользователя органов исполнительной власти на поступивший пакет. Особое значение приобретает применение этой ДТВ для службы обмена данными в интерактивных режимах.

5. Принятие протокола быстрой избирательной передачи. Данная ДТВ позволяет передать в адрес СОД примитив «Входящий вызов» с признаком такого режима. В противном случае ГСИП не направляет пакет «Входящий вызов».

6. Модификация бита управления (D-бита) в сквозном тракте. Эта ДТВ применима только по отношению к тем СОД, которые используют нумерацию пакетов не на стыке СОД/ГСИП, а в сквозном тракте среды портала. При помощи указанной ДТВ для СОД создаются условия для работы в среде информационного портала органов исполнительной власти за счет присвоения определенных значений биту первого октета заголовка пакетов, используемых для формирования ВК и пакетов СОД «Данные», ГСИП «Данные». Ряд таких ДТВ целесообразно предусмотреть для применения в СПВК, СВВ и СДТ.

7. Запрос повторной передачи пакета. Данная ДТВ дает СОД право запросить у ГСИП повторную передачу одного или последовательности пакетом путем передачи через интерфейс СОД/ГСИП примитива «СОД отклонение», содержащего признаки логического канала и номер P(R) запрашиваемого пакета. При получении такого примитива ГСИП повторно передает последовательность пакетов, начиная с номера P(R). Доставка повторных пакетов контролируется алгоритмом управления информационным потоком, который позволяет повторно запросить любые пакеты.

8. Применение расширенной нумерации последовательности пакетов. Применение данной ДТВ обусловлено наличием каналов со значительным временем распространения сигналов или наличием высокоскоростных каналов применительно ко всем службам обмена данными в среде информационного портала органов исполнительной власти. Существующие алгоритмы позволяет управлять временем доставки пакетов и использованием пропускной способности сквозного тракта СОД – СОД или на стыке СОД – ГСИП.

9. Обмен пакетами при нестандартных размерах окна. Сферой целесообразного включения данной ДТВ может являться обмен высокоскоростной видеоинформацией и осуществляется на стыке СОД – ГСИП или в сквозном тракте СОД – СОД.

10. Формирование класса пропускной способности в компонентах среды может возникнуть при значительном спектре и объемах информационных массивов для отдельных служб среды информационного портала органов исполнительной власти.

ДТВ 1)-10) связаны со специальными алгоритмами обработки информации в среде информационного портала и предназначены для улучшение ее характеристик в пределах определенных служб обмена данными и выбранных режимов передачи информации. Рассматриваемые ДТВ 11)-17) могут быть предусмотрены для применения в СПВК, ДТС, СКП, СВВ для расширения услуг пользователям информационного портала.

11. Группа ограниченного доступа (ГОД). Эта ДТВ предоставляет дополнительные возможности пользователям информационного портала, оборудование которых на сетевом уровне функционирует с помощью средств обмена данными на основе СПВК или СВВ. Образование ГОД является одним из атрибутов верхнего уровня любой службы информационного портала.

12. Запрет входящих вызовов в группу ограниченного доступа, распространяющийся как на примитивы вызова, так и на пакеты службы доставки пакетов (СДП), следующие в адрес некоторого СОД через стык ГСИП/СОД из среды информационного портала.

13. Запрет исходящих вызовов в группу ограниченного доступа, распространяющиеся на примитивы вызова и доставку пакетов СДП, исходящих из СОД в среду

информационного портала через стык СОД/ГСИП.

14. Односторонний исходящий логический канал для группы ограниченного доступа. Рассматриваемая ДТВ накладывает ограничения на применение выбранного логического канала и предназначена для доставки пакетов и обслуживания только входящих виртуальных вызовов.

15. Односторонний входящий логический канал для группы ограниченного доступа. Данная ДТВ накладывает ограничения на применение конкретного логического канала и связана с обслуживанием ограниченного числа входящих виртуальных вызовов или доставки пакетов.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ И РЕСУРСЫ СРЕДЫ ИНФОРМАЦИОННОГО ПОРТАЛА

ДТВ, предоставляемые пользователям информационного портала, реализуются за счет известных затрат ресурсов среды. В качестве таких ресурсов рассматриваются [8, 9]:

– пропускная способность каналов обмена данными на участках среды информационного портала;

– производительность средств обмена данными;

– память различных иерархических уровней промежуточного и оконечного оборудования среды информационного портала.

Основной причиной потерь пропускной способности каналов обмена данными являются содержащие признаки ДТВ дополнительные октеты, которые подлежат включению в заголовок примитива (пакета). На рисунке 2 предложены классы форматов для кодирования признаков ДТВ.

Необходимо отметить, что первый октет поля $\tilde{W}_1$ битами 8 и 7 во всех случаях определяет класс формата, а биты X образуют формальный код $\overline{a}$ конкретной ДТВ. Класс $\overline{A}_q$ соответствует полю $\tilde{W}_2$ параметров ДТВ, состоящему из одного октета, $\overline{B}_q$ – двух, $\overline{C}_q$ – трех октетов, класс $\overline{D}_q$ соответствует переменной длине поля $\tilde{W}_2$. Указанные дополнительные октеты могут вводиться в заголовки примитивов «Запрос вызова», «Входящий вызов», «Соединение установлено», «Запрос разъединения» и пакетов «ГСИП дейтаграмма» и «Все дейтаграмма». Необходимо отметить, что в заголовки этих же пакетов и примитивов включается последовательность $\tilde{W}_3$ «Указатель длины поля ДТВ» для всей совокупности выбранных дополнительных технических возможностей.

Длина $\tilde{L}$ поля $\tilde{W}_2$ варьируется в зависимости от содержания различных ДТВ. Это приводит к необходимости для поля $\tilde{W}_2$ применительно к обеим ДТВ распределить их в различных битах одного октета при общем коде α.

Загрузка каналов обмена данными передачей дополнительных служебных октетов и влияние поля дополнительных технических возможностей при их значительном числе и значительной суммарной длине полей $\tilde{W}_1$ (соответствует всем ДТВ, включаемым в пакет) приводит к необходимости размещать пакет в нескольких кадрах.

Затраты производительности вычислительных ресурсов на обработку полей $\tilde{W}_1$ и $\tilde{W}_3$, скорее всего, имеют место только в ГСИП. Это связано с тем, что транзитные узлы осуществляют анализ только признаков заголовка пакета (примитива), относящихся к адресации и номеру логического канала. Это позволяет утверждать, что чем меньше последовательных участков включает сквозной тракт СКП, тем больше вес этих затрат в суммарной загрузке вычислительных средств. Кроме того, максимально вес затрат реализуется при обмене пакетов в ГОД без выхода в открытую зону портала.

Нетрудно видеть, что зафиксированная в пакете и относящаяся к ДТВ обработка

служебной информации реализуется по схеме рисунка 3, где i – номер некоторой ДТВ, L^0 – длина поля всех ДТВ, указанная в последовательности $\tilde{W}_3$. Это обуславливает то, что применительно к битовой форме представления информации все операции выполняются за счет достаточно частых обращений к процессору обработки. Если пакет содержит признаки $ДТВ_1$ ... …$ДТВ_{\overline{N}}$, то в процессоре обработки среднее число необходимых команд в единицу времени для данного логического канала можно оценить как:

$$F = 2\left(\sum_{i=1}^{\overline{N}} \lambda_i \sum_{j=1}^{\overline{K}} f_{ij} \theta j + F_0 \right), \quad (1)$$

где λ_i – интенсивность обращений процессора обработки к ДТВ$_i$; f_{ij} – среднее число операций (типа j = 1 ... $\overline{k}$) в процессоре обработки при анализе признаков ДТВ$_i$; θ_j – среднее число команд процессора обработки информации, необходимых для реализации операции типа j; F_0 – составляющая затрат, обусловленная анализом последовательности «Указатель длины поля ДТВ» $\tilde{W}_3$, а также сравнением проанализированной части поля ДТВ пакета длины $\tilde{L}$ со значением L^0.

Реализация большого количества ДТВ требует наличия дополнительной памяти в ГСИП. Дополнительная память необходима для обработки информации, содержащейся в поле W_1 каждой ДТВ, для хранения управляющих данных, формируемых после обработки поля W_2, для выполнения операций со служебной информацией. К таким данным могут быть отнесены, например: множество адресов СОД (особенно принадлежащих к определенной ГОД); класс пропускной способности для определенного логического канала; признак сокращенной адресации.

Дополнительные затраты рассмотренных ранее ресурсов информационного портала органов исполнительной власти могут иметь место при искажениях признаков ДТВ.

МЕТОД ОПТИМИЗАЦИИ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ АЛГОРИТМОВ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ

Реализация каждой ДТВ сопровождается определенными затратами ресурсов. С учетом ограничений на отдельные сетевые ресурсы в практике создания СОД в среде информационного портала возникает задача оптимизации ДТВ.

Предложенные ДТВ могут найти достаточно широкий спектр применения, что позволяет решить задачу оптимизации для ограниченного множества ДТВ, ориентированного на использование в рамках заданной службы обмена данными.

Предположим, что заданное множество ДТВ {G} содержит $\overline{M}$ возможностей, что позволяет рассмотреть следующую целевую функцию:

$$Z = \sum_{k=1}^{\overline{M}} \beta_k \eta_k \tilde{R}_k , \quad (2)$$

где $\tilde{R}_k > 0$ – количественная мера эффективности реализации ДТВ$_k$ в службе обмена данными; η_k – коэффициент приводимости различных мер эффективности $\tilde{R}_k$ к универсальной мере, характер которой зависит от службы обмена данными и выбранного режима передачи. Кроме того, существенную роль играет ведущее требование к алгоритму взаимодействия пользователей среды портала (например, к экономическому критерию эффективности введения ДТВ$_k$) β_k = 0 или 1.

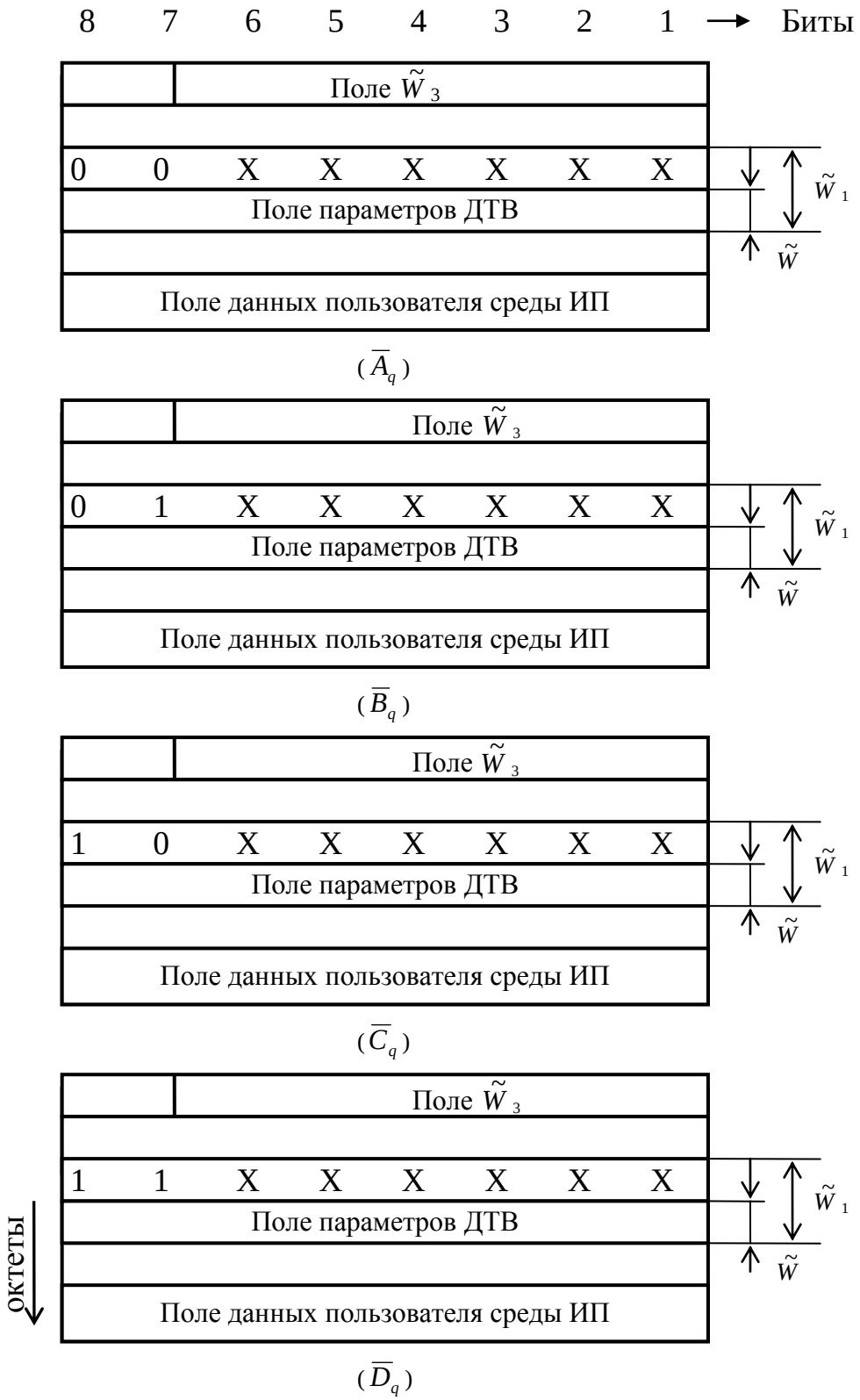


Рисунок 2 – Классы форматов для кодирования признаков ДТВ

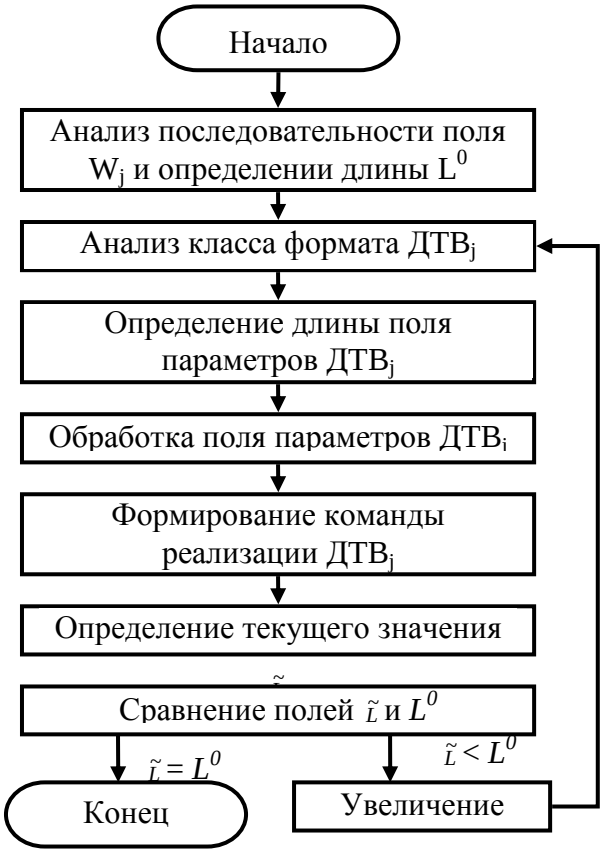


Рисунок 3 – Алгоритм обработки служебной информации в среде информационного портала

Задача сводится к нахождению

$$\max_{\{\gamma_1 \ldots \gamma_2 \overline{M}-1\}} Z = \max_{\{\gamma_1 \ldots \gamma_2 \overline{M}-1\}} \sum_{k=1}^{\overline{M}} \beta_k \eta_k \overline{R}_k = \max_{\{\gamma_1 \ldots \gamma_2 \overline{M}-1\}} \sum_{k=1}^{\overline{M}} \beta_k V_k \,, \qquad (3)$$

где $\gamma_1 \ldots \gamma_2 \overline{M}-1$ – ненулевые сочетания ДТВ, каждая из которых принадлежит множеству ДТВ {G), при наличии ограничений вида

$$\sum_{k=1}^{\overline{M}} \beta_k \overline{\mu_k^{-1}} \le \overline{\mu}_0^{-1}, \qquad \sum_{k=1}^{\overline{M}} \beta_k \overline{\mu_k^2} \le \overline{\mu}_0^2, \quad \ldots, \quad \sum_{k=1}^{\overline{M}} \beta_k \overline{\mu_k \bar{l}} \le \mu_0 \bar{l}\,, \qquad (4)$$

где μ_k^m, m = 1…$\bar{l}$ – затраты m-го ресурса среды информационного портала при реализации ДТВ$_k$.

Каждому из $\bar{l}$ неравенств соответствует ограничение на определенный ресурс среды информационного портала. Решением задачи является при обеспечивающих условиях (3) и (4) сочетание ненулевых β_k,. ДТВ являются нереализуемыми в анализируемых условиях, если имеет место единственное сочетание β_1=...=β_m = 0.

Сформулированная задача целочисленного программирования может быть решена методом ограниченного перебора альтернатив Балаша, согласно которому предусматривается [7]:

1) ранжирование коэффициентов важности ДТВ V_k в порядке возрастания. Например, имеют место четыре ДТВ, их представление в виде возрастающей последовательности примет вид $V_1 < V_4 < V_2 < V_3$;

2) формирование лексикографической последовательности для коэффициентов экономического критерия эффективности введения ДТВ$_k$ β_k, для данного случая

$$[\beta_3, \beta_2, \beta_4, \beta_1] = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ . & . & . & . \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}. \quad (5)$$

Необходимо отметить, что совокупность элементов в каждой строке образует точку в пространстве решений;

1) проверка фильтрующих ограничений для образующих лексикографическую последовательность точек $b \in [\beta_3, \beta_2, \beta_4, \beta_1]$,;

2) выделение точки b_1 в соответствии с ограничениями (4);

3) определение целевой функции $\tilde{Z}_1$ для выделенной точки b_1;

4) проверка фильтрующего ограничения $\sum_{k=1}^{\overline{M}} \beta_k V_k \geq \tilde{Z}_1$;

5) формирование новой лексикографической последовательности для точек расположенных выше точки b_1;

6) проверка основных (3) и фильтрующего ограничения для точек новой лексикографической последовательности;

7) нахождение точки b_2, удовлетворяющей условию $\tilde{Z}_2 > \tilde{Z}_1$;

8) повторение действий 6)-9) до исчерпания всех 2 точек пространства решений о применении ДТВ;

9) определение точки $b_{\bar{\nu}}$, соответствующей максимальному значению $\tilde{Z}_{\bar{\nu}}$, при выполнении ограничений (3);

10) определение допустимых ДТВ, отображаемых ненулевыми координатами точки $b_{\bar{\nu}}$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Алгоритмы управления и алгоритмы, реализующие услуги для пользователей среды информационного портала, выходят за рамки операций, минимально необходимых для организации обмена пакетами. Средством воплощения таких алгоритмов является аппарат дополнительных (факультативных) технических возможностей (ДТВ) или функций, предоставляемых пользователям информационных порталов органов исполнительной власти.

ДТВ, предоставляемые пользователям информационного портала, реализуются за счет известных затрат ресурсов среды. В качестве таких ресурсов рассматриваются: пропускная способность каналов обмена данными на участках среды информационного портала; производительность средств обмена данными; память различных иерархических уровней промежуточного и оконечного оборудования среды информационного портала.

При использовании некоторых ДТВ (например 3)-5), 9), 10)) достигается улучшение коэффициента использования пропускной способности каналов обмена данными. Это становится возможным за счет включения в заголовок пакета дополнительных октетов поля ДТВ. Разрешение возникающего противоречия между дополнительными затратами вычислительных ресурсов и повышением коэффициента использования пропускной способности каналов обмена данными осуществляется в рамках конкретной ДТВ и структуры среды информационного портала (например, сокращение числа последовательных участков коммутации пакетов в пределах сквозного тракта реализации).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ильин А.И., Демидов Н.Н., Новикова Е.В. Ситуационные центры. Опыт, состояние, тенденции развития. – М.: «Медиа-пресс», 2011. – 336 с.
2. Надеин А., Кузнецов В. Корпоративные интернет-порталы [Электронный ресурс]. – URL: http://www.e-commerce.ru/analytics/analytics-part/analytics15.html.
3. Еременко В.Т. Математическое моделирование процессов информационного обмена в распределенных управляющих системах: монография / под общей редакций Константинова И.С. – М.: «Машиностроение-1», 2004. – 224 с.
4. Еременко В.Т. и др. Синтез локально-оптимальной структуры классификатора информационных ресурсов по критерию минимума средней длины процедуры поиска / В.Т. Еременко, А.А. Батенков., И.С. Полянский, К.А. Батенков, М.А. Сазонов // Вестник компьютерных и информационных технологий, 2013. – № 7. – С. 3-8.
5. Еременко В.Т., Полянский И.С., Беседин И.И. Методологические аспекты синтеза оптимальной древовидной структуры в системах сбора и обработки информации // Вестник компьютерных и информационных технологий, 2013. – № 11. – С. 15-21.
6. Еременко В.Т., Фисенко В.Е., Фисун А.П. Методы и модели оценки надежности распределенных систем обмена данными: монография. – Орел: Издательство «Госуниверситета – УНПК», 2014. – 197 с.
7. Рытов М.Ю., Мегаев К.А., Еременко С.В. Теоретические основы управления обменом данными в среде корпоративного портала промышленного предприятия: монография. – Брянск: БГТУ, 2014. – 196 с.
8. Рытов М.Ю., Мегаев К.А. Моделирование технологического процесса обмена данными в среде корпоративного портала с агрегированным трафиком // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии, 2013. – № 6. – С. 23-28.
9. Рытов М.Ю., Мегаев К.А. Алгоритм управления трафиком в среде корпоративного портала // «Вестник Брянского государственного технического университета», 2014. – № 1. – С. 87-94.

Рытов Михаил Юрьевич
ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет», г. Брянск
Кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Системы информационной безопасности»
Тел.: 8 910 330 02 37
E-mail: rmozikts@yandex.ru

M.Yu. RY'TOV *(Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor,*
Head of the Department «Information Security Systems»
Bryansk State Technical University, Bryansk

METHOD FOR OPTIMIZING FURTHER THE TECHNICAL CAPABILITIES OF THE INFORMATION PROCESSING ALGORITHMS IN THE ENVIRONMENT OF THE PORTAL OF EXECUTIVE AUTHORITIES

This paper proposes a method of optimizing further the technical capabilities of algorithms for processing information in the environment information portal of bodies of Executive power on the basis of integer programming, using different constraints on individual network resources and providing a limited enumeration of alternatives easy to form a synthesis procedure for obtaining the limited set of additional functions.

Keywords: *information portal; more technical capabilities; communication environment.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Il'in A.I., Demidov N.N., Novikova E.V. Situacionny'e centry'. Opy't, sostoyanie, tendencii razvitiya. – M.: «Media-press», 2011. – 336 s.
2. Nadein A., Kuznecov V. Korporativny'e internet-portaly' [E'lektronny'j resurs]. – URL: http://www.e-commerce.ru/analytics/analytics-part/analytics15.html.
3. Eremenko V.T. Matematicheskoe modelirovanie processov informacionnogo obmena v raspredelenny'x upravlyayushhix sistemax: monografiya / pod obshhej redakcij Konstantinova I.S. – M.: «Mashinostroenie-

1», 2004. – 224 s.
4. Eremenko V.T. i dr. Sintez lokal'no-optimal'noj struktury' klassifikatora informacionny'x resursov po kriteriyu minimuma srednej dliny' procedury' poiska / V.T. Eremenko, A.A. Batenkov., I.S. Polyanskij, K.A. Batenkov, M.A. Sazonov // Vestnik komp'yuterny'x i informacionny'x texnologij, 2013. – № 7. – S. 3-8.
5. Eremenko V.T., Polyanskij I.S., Besedin I.I. Metodologicheskie aspekty' sinteza optimal'noj drevovidnoj struktury' v sistemax sbora i obrabotki informacii // Vestnik komp'yuterny'x i informacionny'x texnologij, 2013. – № 11. – S. 15-21.
6. Eremenko V.T., Fisenko V.E., Fisun A.P. Metody' i modeli ocenki nadezhnosti raspredelenny'x sistem obmena danny'mi: monografiya. – Orel: Izdatel'stvo «Gosuniversiteta – UNPK», 2014. – 197 s.
7. Ry'tov M.Yu., Megaev K.A., Eremenko S.V. Teoreticheskie osnovy' upravleniya obmenom danny'mi v srede korporativnogo portala promy'shlennogo predpriyatiya: monografiya. – Bryansk: BGTU, 2014. – 196 s.
8. Ry'tov M.Yu., Megaev K.A. Modelirovanie texnologicheskogo processa obmena danny'mi v srede korporativnogo portala s agregirovanny'm trafikom // Fundamental'ny'e i prikladny'e problemy' texniki i texnologii, 2013. – № 6. – S. 23-28.
9. Ry'tov M.Yu., Megaev K.A. Algoritm upravleniya trafikom v srede korporativnogo portala // «Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo texnicheskogo universiteta», 2014. – № 1. – S. 87-94.

ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ

УДК 004.056.5

В.Г. АБАШИН, Ю.С. КЛИМОВА

МОДЕЛЬ АУТЕНТИФИКАЦИИ И ИДЕНТИФИКАЦИИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ ПО ПОВЕДЕНЧЕСКИМ ОСОБЕННОСТЯМ КЛАВИАТУРНОГО ПОЧЕРКА

В статье предложена новая модель распознавания пользователей по клавиатурному почерку. Аутентификация по биометрическим и поведенческим параметрам клавиатурного почерка личности ввиду неотъемлемости от характеристик конкретного человека способна обеспечить повышенную по сравнению с другими способами проверки соответствия точность и удобство для пользователей автоматизированных систем. Использование клавиатурного почерка в информационных системах позволяет обнаруживать подмену авторизованного пользователя и блокировать систему от вторжения злоумышленника.

***Ключевые слова**: модель; аутентификация; идентификация; эталон пользователя; пароль; распознавание; клавиатурный почерк.*

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время информация становится главным ресурсом научно-технического и социально-экономического развития мирового сообщества. Основной проблемой обеспечения безопасности информационных компьютерных систем является задача ограничения круга лиц, имеющих доступ к конкретной информации, и защиты ее от несанкционированного доступа (НСД), кражи, уничтожения, изменения и других преступных действий.

Существуют как аппаратные средства защиты информации от НСД, так и программные. Одним из самых распространенных программных средств защиты является парольная защита, при этом слабая парольная защита является одной из основных причин уязвимости компьютерных систем к попыткам НСД. Для повышения надежности идентификации используется комбинированная защита, которая включает в себя парольную защиту с элементами биометрической аутентификации и идентификации.

В данной статье предложена модель защиты с помощью введения пароля на основе анализа клавиатурного почерка пользователя.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Биометрические технологии включают реализацию методов автоматической идентификации человека и подтверждения личности пользователя, основанных на физиологических или поведенческих характеристиках. Термин «автоматически» означает, что биометрические технологии должны достаточно быстро распознавать человека без участия человека-оператора, при этом большая часть таких систем работает в режиме реального времени.

К преимуществам биометрических систем относятся:

- невозможность утери идентифицирующего признака;
- сложность подделки идентифицирующего признака.

Идентификация с помощью биометрических технологий предполагает сравнение ранее внесенного биометрического эталона с вновь поступившими биометрическими данными и принятие решения о соответствии полученных данных имеющемуся эталону.

Основной характеристикой биометрических систем является вероятность возникновения ошибок – ложного приема False Acceptance Rate (FAR) и ложного отказа False Rejection Rate (FRR). Ошибка ложного приема означает допуск нелегального пользователя системы. Ошибка ложного отказа означает недопуск легального пользователя. Уровень

вероятности возникновения ошибки декларируется 0,01-4%. Чем ниже этот показатель, тем лучше.

Биометрические технологии делятся по типу исследуемого признака на:

- статические, основанные на неотъемлемых уникальных свойствах;
- динамические, основанные на психофизиологических особенностях.

Статические биометрические признаки присваиваются человеку при рождении и либо не изменяются на протяжении всей жизни, либо изменяются незначительно. Из этого следуют преимущества методов динамической биометрии по сравнению со статическими методами.

Динамические методы, к которым относится идентификация по клавиатурному почерку, построены на психофизиологических особенностях человека, то есть на особенностях подсознательных движений при какой-либо деятельности. Такие методы позволяют менять биометрический эталон, то есть те данные, которые характеризуют конкретного человека.

Задача исследования заключается в повышении достоверности идентификации и аутентификации пользователей на основе оптимизации параметров эталона клавиатурного почерка в зависимости от требуемого уровня защиты, а также в разработке прототипа модели системы аутентификации и идентификации по клавиатурному почерку в распределенной информационной системе.

КЛАВИАТУРНЫЙ ПОЧЕРК КАК МЕТОД АУТЕНТИФИКАЦИИ И ИДЕНТИФИКАЦИИ

В исследованиях по биометрии ряда ученых (Десятерик М.Н., Иванов А.И.) показано, что каждый человек имеет свой клавиатурный почерк, который зависит от множества факторов: характера, пола, возраста, физиологических особенностей, текущего состояния и т.д. Клавиатурный почерк – поведенческая биометрическая функция, проявляющаяся в характерной скорости набора символов, привычке использования основной и дополнительной частей клавиатуры, специфике нажатий клавиш, перекрытий клавиши, сложившихся приемах и методах работы за компьютером.

Технология клавиатурной аутентификации и идентификации является наиболее простой для внедрения и администрирования, поскольку при ее использовании не требуется никакой дополнительной аппаратуры, кроме компьютерной клавиатуры или сенсорного экрана. Использование клавиатурного почерка позволяет определять динамику изменения почерка пользователя как отклонение от эталонного значения, характеризующего наиболее безопасный доступ в систему. При значительном отклонении пользователь или получает предупреждения в форме оповещения, или решение принимается на верхнем уровне (уровень администратора сети) о целесообразности дальнейшего получения доступа в распределенную систему.

Однако существует ряд ограничений по применению на практике клавиатурного почерка как способа для целей идентификации и аутентификации. Применение клавиатурного почерка целесообразно только по отношению к пользователям с достаточно длительным опытом работы с компьютером и сформировавшимся почерком работы на клавиатуре, т.е. к программистам, секретарям, профессиональным операторам и т.д. В противном случае вероятность получения неправильного результата возрастает. Несмотря на это, использовать данный биометрический метод с целью определения пользователя возможно и при отсутствии устоявшегося почерка, но это приведет к увеличению значений ошибок первого и второго рода. Это связано с тем, что при идентификации или аутентификации математическая модель определяет небольшие отклонения от представленных эталонов и в случае их превышения выдает отказ на проведение идентификации или аутентификации. Для неустоявшегося клавиатурного почерка необходимо увеличение предельных значений допустимых отклонений.

ТРИ ПАРОЛЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ

Пароли представляют собой наиболее распространенный инструмент, используемый для получения доступа к информационным ресурсам. К сожалению, с точки зрения компьютерной безопасности парольную аутентификацию далеко не всегда можно назвать удачным выбором. Как и многие технические решения, она страдает от двух проблем – человеческого фактора и технического несовершенства.

Человеческий фактор (ошибки пользователей). Многие люди не могут (или попросту не хотят, не видят смысла) запоминать стойкие пароли, поскольку это объективно сложно. Поэтому они используют простые, нестойкие пароли, или если все же используют стойкие, записывают их на ковриках для мышки, на обороте клавиатуры или на стикерах, приклеенных к монитору.

Техническое несовершенство (ошибки разработчиков). Чаще всего техническое несовершенство заключается в ошибках, допущенных на этапах проектирования и/или реализации программного обеспечения, осуществляющего проверки паролей.

Однако пароль – это не только инструмент, используемый для получения доступа к информации, но и защиты этой информации. Предлагаемая модель аутентификации и идентификации пользователя на основе клавиатурного почерка, построенная на поведенческих особенностях человека, предлагает использовать до трех паролей одновременно, которые передаются в виде текста и множества событий:

1. Обычный или открытый пароль включает в себя цифры и буквы. Позволяет использовать более короткие пароли, сохраняя их надежность. В качестве примера рассмотрим пароль «12345», который представлен на рисунке 1.

Рисунок 1 – Пример обычного или открытого пароля

2. Скрытый пароль включает себя структуру keypress – время нажатий, время удержания клавиш и т.д. Такой пароль повышает надежность открытого пароля, передавая его часть в виде множества событий. Скрытый пароль не зависит от состояния человека, так как берется среднеарифметическое значение отклонений.

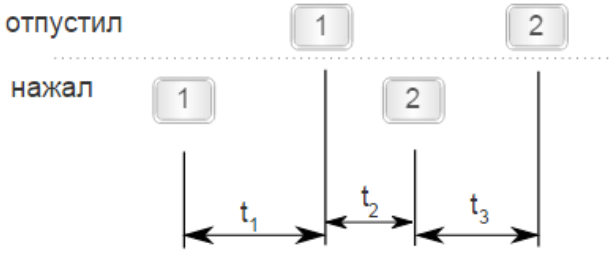


Рисунок 2 – Работа скрытого пароля

С учетом того, что модель построена на биометрических особенностях человека, то есть на особенностях подсознательных движений при какой-либо деятельности, это позволяет создать еще и поведенческий пароль.

3. Поведенческий пароль, как и скрытый, повышает надежность пароля, передавая его часть в виде множества событий. Такой пароль не зависит от состояния человека.

Рисунок 3 – Пример поведенческого пароля

Поведенческий пароль: клавиша 1, клавиша 2, задержка по времени, клавиша 3, клавиша 4, клавиша backspace (осознанное стирание символа), клавиша 4, клавиша 5. В результате получится пароль 12345.

Для улучшения надежности и стойкости пароля в модели аутентификации и идентификации используется следующие способы, представленные на рисунке 4.

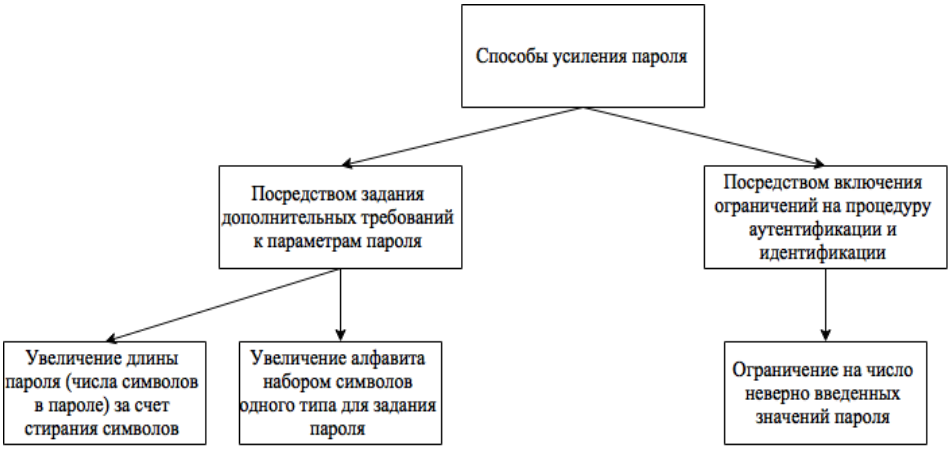


Рисунок 4 – Способы усиления для модели аутентификации и идентификации по поведенческим характеристикам пользователя

Увеличение длины пароля (числа символов в пароле) за счет стирания символов реализует возможность увеличить исходный алфавит пароля на несколько десятков символов, что делает пароль более надежным и устойчивым к взлому.

Увеличение алфавита набором символов одного типа для задания пароля реализует возможность увеличения числа возможных комбинаций пароля.

Ограничение на число неверно введенных значений пароля реализует возможность совершить пользователю только заданное число N попыток подбора пароля. В случае превышения этого количества может либо блокироваться учетная запись данного пользователя, либо блокироваться защищаемый объект в целом.

Данное ограничение является одним из важнейших, т.к. оно призвано противодействовать возможности автоматического подбора паролей. В этом случае число попыток подбора злоумышленником жестко фиксировано параметром.

ПРОЦЕСС СБОРА ДАННЫХ ДЛЯ АУТЕНТИФИКАЦИИ И ИДЕНТИФИКАЦИИ

Процесс сбора данных аутентификации и идентификации происходит следующим образом: вначале пользователь вводит с клавиатуры или сенсорного экрана ключевую фразу; далее программное обеспечение считывает данные с учетом поведенческих характеристик (задержки между нажатиями, добавление и удаление символа и др.) и формирует их в эталон пользовательских характеристик, а затем сравнивает его с эталонами, хранящимися на сервере. Эталон, хранящийся на сервере, представляет собой усредненные значения вводов пароля на этапе обучения.

Данные, полученные с клавиатуры или сенсорного ввода, унифицируются операционной системой, что позволяет получать единообразно форматированные признаки пользователя на устройствах разных производителей: скорость ввода слов, время нажатия клавиш и перекрытия клавиш, ускорение или замедление нажатий клавиш, ускорение и замедление ввода текста и т.д.

На этапе ввода пользователем ключевой фразы выделяется индивидуальная информация, относящаяся к следующим характеристикам пользователя:

- время удержания клавиш;
- количество ошибок при наборе;

- степень аритмичности при наборе;
- перекрытия клавиш;
- интервалы между нажатиями клавиш;
- скорость набора.

Время удержания клавиши – это период, в течение которого клавиша находится в нажатом состоянии. Программа измеряет этот показатель от момента нажатия клавиши (событие onkeydown) до момента ее отпускания (событие onkeyup). Этот параметр, как правило, выражают в миллисекундах и от него зависят значения производных признаков, таких, как перекрытие клавиш, аритмичность и безошибочность ввода пользователя. Среднее время удержания может существенно различаться у разных людей при близких скоростях набора из-за разницы в методике набора символов, используемой пользователем.

Перекрытие клавиш – одновременные движения нескольких пальцев у пользователей, уверенно владеющих методом печати. Перекрытие нажатий клавиш происходит, когда одна клавиша еще не отпущена, а другая уже нажимается. Наблюдается тенденция к повышению количества перекрытий с повышением стабильности скорости набора. Перекрытия возможны только когда клавиши соседних букв в слове нажимаются разными пальцами.

Перекрытия происходят по следующим причинам: высокая скорость печати, при которой пользователь не успевает отпускать предыдущие клавиши до нажатия следующих; большое время удержания клавиш нажатыми; сочетание первого и второго факторов.

Аритмичность – изменение скорости ввода на различных участках ввода (рассматривается скорость ввода на одном участке, затем на другом, далее сравниваются данные и выясняется, насколько изменилась скорость ввода).

Скорость набора – параметр, определяющий среднюю скорость печати символов в единицу времени.

Подход в распознавании пользователя по клавиатурному почерку при наборе ключевых слов выявил ряд особенностей: существенная зависимость почерка от буквенных сочетаний в слове; существование связей между набором отдельных символов; наличие «задержек» при вводе символов.

Шаблон или эталон пользователя формируется как некоторое множество значений, полученных в результате контролируемой процедуры сбора информации о пользователе. Для распознавания эталона пользователя нужно некое кодовое слово или сочетание слов, вводимое пользователем с клавиатуры и сама клавиатура. Подтверждение клавиатурного почерка пользователя заключается в выборе соответствующего эталона из списка хранимых в памяти компьютера на основе оценки степени близости к выбранному ему параметров почерка одного из пользователей, имеющих право на работу с данным компьютером.

АЛГОРИТМ РЕГИСТРАЦИИ КЛАВИАТУРНОГО ПОЧЕРКА

В момент регистрации пользователя в модели аутентификации и идентификации система собирает и оценивает индивидуальные особенности клавиатурного почерка пользователя, а затем в дальнейшем на основе статистически значимых наблюдений может их распознавать.

После сбора данных в модели создается эталон характеристик пользователя. Он представляет собой сохраненные в памяти системы, контролирующей доступ, биометрические характеристики человека и используется для сравнения с биометрическими параметрами лиц, претендующих на доступ к ресурсам. В случае, когда измеренные системой значения параметров пользователя отличаются от эталона больше, чем допускается, он получает отказ в доступе к ресурсам.

На рисунке 5 изображена общая схема алгоритма сбора данных пользователя и создания эталонных характеристик.

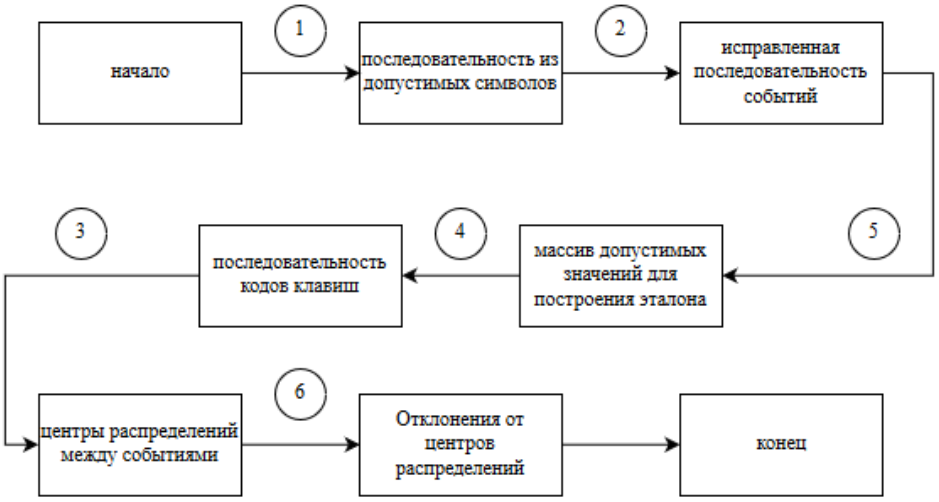


Рисунок 5 – Алгоритм сбора данных пользователя и создание эталонных характеристик

Процессами данной схемы являются:

– проверка на наличие недопустимых символов;

– исправление ошибок регистрации устройств ввода;

– выборка допустимых значений зарегистрированных событий из массива с последовательностями кодов клавиш и массива интервалов времени событий ;

– создание последовательности кодов клавиш для эталона;

– определение центров продолжительности удержания клавиш и интервалов между нажатиями клавиш;

– расчет отклонений от центров распределения значений.

При идентификации и аутентификации пользователя модель может различать пользователей на своих (успешный ввод пароля и правильный биометрический эталон) и чужих (неправильный пароль; успешный ввод пароля, но неверный биометрический образец). В случае появления чужого модель можно настроить так, что она будет сообщать о такой попытке проникновения администратору сети или начальнику безопасности.

ВЫВОДЫ

Пароли не всегда могут исключить взломы и доступ к закрытой информации. Более надежной системой защиты, чем введение логина и пароля, станет система, учитывающая поведенческие и биометрические особенности пользователя при наборе символов на клавиатуре или сенсорном экране.

Таким образом, предложенная модель может применяться в комплексе с другими механизмами для решения различных задач, таких, как:

– повышение защищенности информационных ресурсов в организациях с высокими требованиями к защите информации;

– использование скрытого мониторинга с помощью анализа психофизического состояния пользователя для контроля концентрации внимания сотрудников во время работы;

– устранение проблемы запоминания «сложного» пароля, а также предотвращение доступа в систему даже при краже пароля пользователя;

– возможность ограничения прав доступа пользователей при изменении динамики клавиатурного почерка.

Основным достоинством модели является отсутствие необходимости использования дополнительного оборудования, что позволяет создавать гибкие настраиваемые подсистемы аутентификации и мониторинга действий оператора информационной системы.

В результате проведенных исследований разработан прототип модели, позволяющий на основе обработки динамических и поведенческих характеристик процесса ввода данных с клавиатуры осуществлять аутентификацию пользователя.

Сформулирована новая задача исследования: включение биометрических данных в модель идентификации и аутентификации. Ведется работа по дальнейшему исследованию процесса идентификации пользователя на основе клавиатурного почерка с применением нейронных сетей и других современных математических методов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абашин В.Г. Исходные данные клавиатурного почерка для определения работоспособности человека // Известия ОрелГТУ. Серия «Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии», 2007. – № 4-21268 (525). – С. 136-139.
2. Иванов А.И. Биометрическая идентификация личности по динамике подсознательных движений. – Пенза: ПГУ, 2000.
3. Гузик В.Ф., Десятерик М.Н. Биометрический метод аутентификации пользователя. // «Известия ТРТУ», 2000. – № 2(16). – Таганрог: ТРТУ.
4. Савинов А.Н., Иванов В.И. Анализ решения проблем возникновения ошибок первого и второго рода в системах распознавания клавиатурного почерка // Вестник Волжского университета имени В.Н. Татищева. Серия «Информатика», 2011. – Выпуск 18. – С. 115-119.
5. Абашин В.Г., Суздальцев А.И., Лобанова В.А. Определение психофизиологического состояния оперативного персонала по клавиатурному почерку на нефтеперерабатывающих мини-заводах // Электронный журнал «Нефтегазовое дело», 2006 [Электронный ресурс]. – URL: http://www.ogbus.ru/authors/Suzdaltsev/Suzdaltsev_1.pdf.
6. Савинов А.Н., Сидоркина И.Г. Анализ решения проблем возникновения ошибок первого и второго рода в системах распознавания клавиатурного почерка // Вестник Волжского университета имени В.Н. Татищева. Серия «Информатика», 2011. – Выпуск 18. – С. 115-119.
7. Сидоркина И.Г., Савинов А.Н. Три алгоритма управления доступом к КСИИ на основе распознавания клавиатурного почерка оператора // Вестник Чувашского университета, 2013. – № 3. – Чебоксары: Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова. – С. 293-301.

Абашин Валерий Геннадьевич
ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г. Орел
Кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Прикладная математика и информатика»
E-mail: valeriy@abashin.ru

Климова Юлия Сергеевна
ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г. Орел
Магистрант кафедры «Информационные системы»
E-mail: ylua92t@mail.ru

V.G. ABAShIN *(Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Head of the Department «Applied Mathematics and Informatics»*

Yu.S. KLIMOVA *(Master Student of the Deparment «Information Systems»)*
Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel

MODEL OF IDENTIFICATION AND AUTHENTICATION USER BY BEHAVIORAL FEATURES KEYBOARD HANDWRITING

The article contains a new user's identification model based on the keyboard handwriting. The biometric and behavioral authentication parameters of keyboard handwriting are capable to provide superior accuracy and convenience to the automated systems users, in comparison with other ways of compliance check. This is achieved due

to a specific person's parameters originality. Use of keyboard handwriting in information systems allows to detect the authorized user substitution and to block system from the malefactor invasion.

***Keywords**: model; authentication; identification; user's standard; password; identification; keyboard handwriting.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Abashin V.G. Isxodny'e danny'e klaviaturnogo pocherka dlya opredeleniya rabotosposobnosti cheloveka // Izvestiya OrelGTU. Seriya «Fundamental'ny'e i prikladny'e problemy' texniki i texnologii», 2007. – № 4-21268 (525). – S. 136-139.
2. Ivanov A.I. Biometricheskaya identifikaciya lichnosti po dinamike podsoznatel'ny'x dvizhenij. – Penza: PGU, 2000.
3. Guzik V.F., Desyaterik M.N. Biometricheskij metod autentifikacii pol'zovatelya. // «Izvestiya TRTU», 2000. – № 2(16). – Taganrog: TRTU.
4. Savinov A.N., Ivanov V.I. Analiz resheniya problem vozniknoveniya oshibok pervogo i vtorogo roda v sistemax raspoznavaniya klaviaturnogo pocherka // Vestnik Volzhskogo universiteta imeni V.N. Tatishheva. Seriya «Informatika», 2011. – Vy'pusk 18. – S. 115-119.
5. Abashin V.G., Suzdal'cev A.I., Lobanova V.A. Opredelenie psixofiziologicheskogo sostoyaniya operativnogo personala po klaviaturnomu pocherku na neftepererabatyvayushhix mini-zavodax // E'lektronnyj zhurnal «Neftegazovoe delo», 2006 [E'lektronny'j resurs]. – URL: http://www.ogbus.ru/authors/Suzdaltsev/Suzdaltsev_1.pdf.
6. Savinov A.N., Sidorkina I.G. Analiz resheniya problem vozniknoveniya oshibok pervogo i vtorogo roda v sistemax raspoznavaniya klaviaturnogo pocherka // Vestnik Volzhskogo universiteta imeni V.N. Tatishheva. Seriya «Informatika», 2011. – Vypusk 18. – S. 115-119.
8. Sidorkina I.G., Savinov A.N. Tri algoritma upravleniya dostupom k KSII na osnove raspoznavaniya klaviaturnogo pocherka operatora // Vestnik Chuvashskogo universiteta, 2013. – № 3. – Cheboksary': Chuvashskij gosudarstvenny'j universitet im. I.N. Ul'yanova. – S. 293-301.

УДК 004.056.53

П.В. МЕЛЬНИКОВ, Д.В. АНИСИМОВ

ПРОВЕРКА ГАРАНТИЙ АРХИТЕКТУРЫ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ СЕРТИФИКАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ (ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ДИСПЕТЧЕРА ДОСТУПА)

Создание условий, исключающих возможность доступа субъекта к объекту в обход правил разграничения доступа, является сложной задачей, подходы к решению которой носят комплексный характер. При решении данной задачи важно обеспечить надежность как аппаратной составляющей, так и программной, центральным элементом которой является диспетчер доступа. В статье представлены предложения по составу проверок при проведении функционального тестирования диспетчера доступа в процессе сертификационных испытаний.

Ключевые слова: *информационная безопасность; диспетчер доступа; гарантии архитектуры; изоляция сущностей; функциональное тестирование.*

Превращение информации в стратегический ресурс, разнесенный в пространстве и времени информационными системами различными по назначению, архитектуре построения и типам используемого оборудования, обуславливает тенденцию повышения требований к подсистемам безопасности, обеспечивающим конфиденциальность, доступность и целостность (КДЦ) обрабатываемой информации.

Задача обеспечения безопасности информации декомпозируется как минимум на два (вложенных) уровня абстракции (табл. 1), имеющих принципиальные различия в типах сущностей информационного пространства (субъектов и объектах доступа), а также мерах по реализации правил разграничения доступа (ПРД).

Таблица 1 – Уровни абстракции информационного пространства

	Субъект	**Объект**	**Механизмы защиты**
I уровень абстракции (реальный мир)	пользователь (физическое лицо)	контролируемая зона, автоматизированная система, средство вычислительной техники (СВТ), отдельные составляющие СВТ, линии связи, отчуждаемые физические носители информации и т.д.	физические и технические средства реализации ПРД и их поддержки
Подсистема идентификации, аутентификации и авторизации			
II уровень абстракции (адресное пространство)	процесс (виртуальная сущность, имеющая отражение в адресном пространстве СВТ)	область памяти, файл, кэш и т.д.	логические (программные) средства реализации ПРД и их поддержки

Переход субъекта с первого уровня абстракции на второй (создание виртуального экземпляра для субъекта реального мира) выполняется посредством механизмов идентификации, аутентификации и авторизации. Элементы второго уровня абстракции, являясь отображением элементов первого, в своей совокупности составляют адресное пространство, в котором вследствие различного рода причин (уязвимостей) имеется потенциал по нарушению безопасности обрабатываемой информации. Вне зависимости от того, на каком уровне абстракции имеется некоторая уязвимость, все уязвимости

обуславливают возможность нарушения ПРД (несанкционированный доступ), что и является наиболее общим классом угроз информационной безопасности (рис. 1).

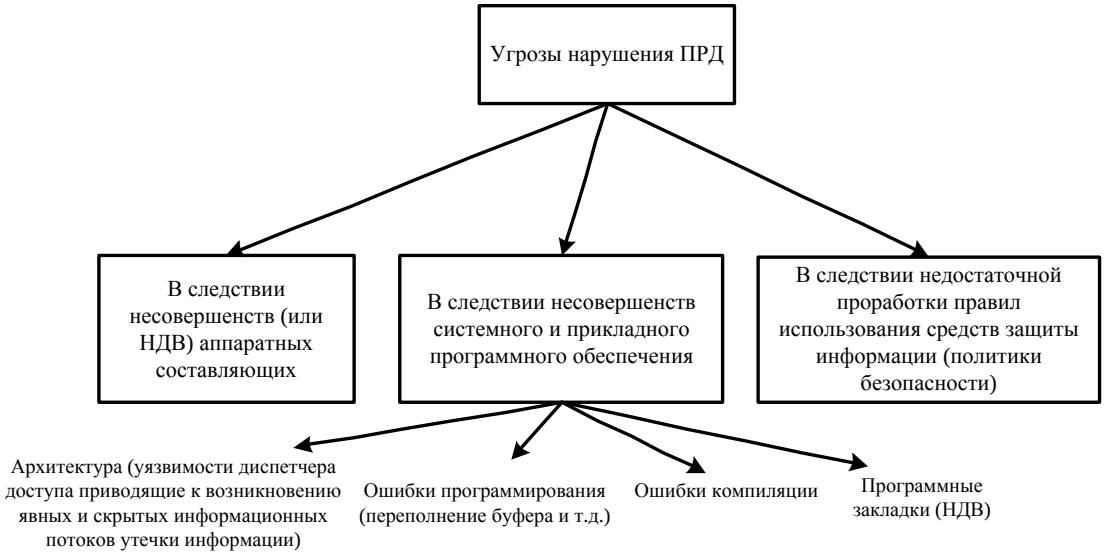


Рисунок 1 – Причины возникновения угроз нарушения ПРД

Основными причинами возникновения угроз нарушения ПРД являются:

– несовершенства (дефекты) архитектуры или недекларированные возможности (НДВ) аппаратных составляющих (в том числе и сознательно введенные разработчиками);

– несовершенства (дефекты) системного и прикладного программного обеспечения (включая подсистемы безопасности), а также НДВ (в том числе и сознательно введенные разработчиками);

– несовершенства политик безопасности, регламентирующих состав мер защиты и правил их применения, возникающие, как правило, вследствие отсутствия единого унифицированного подхода (технологического и методологического) к построению различных информационных систем.

Полное устранение причин, приводящих к нарушению ПРД, является весьма трудоемкой задачей, требующей значительных временных и вычислительных затрат, порой несопоставимых с ценностью обрабатываемой информации. Именно поэтому в настоящее время в основе решения задачи обеспечения информационной безопасности лежит подход на основе построения моделей угроз. При его использовании экспертами составляется перечень угроз безопасности информации, из которых выбирается список наиболее актуальных. Отталкиваясь от сформированного списка угроз, определяется состав мер защиты (механизмов и различных мероприятий) по минимизации вероятности их реализации. Однако в данном случае остаются весьма существенные риски пропуска реализуемой угрозы, которая по субъективным причинам была недооценена экспертами.

Действительно, учесть и устранить все угрозы информационной безопасности практически невозможно, т.к., например, субъекты первого уровня абстракции имеют слишком большую степень свободы. Однако в адресном пространстве представляется весьма допустимым организация логики работы программных составляющих таким образом, что нарушение КДЦ в обход ПРД будет невозможно. Иными словами, устранение угроз, проявляемых на аппаратном уровне и уровне системного ПО, является практически выполнимой задачей. Важным моментом при этом является обеспечение надежности функционирования диспетчера доступа (рис. 2) как центрального элемента системного ПО, представляющего собой совокупность механизмов защиты, осуществляющих контроль доступа субъектов к объектам по определенным правилам (правилам разграничения доступа, прописанных в политике безопасности). Основной функцией диспетчера доступа является обеспечение надежной изоляции сущностей адресного пространства, которая, с одной

стороны, реализуется в соответствии с формальной моделью безопасности, с другой стороны, возможно, содержит дефекты, позволяющие нарушить КДЦ информации в пределах данных сущностей в обход ПРД.

Рисунок 2 – Механизмы обеспечения безопасности информации (второй уровень абстракции), составляющие диспетчер доступа

Опасность различного рода дефектов системного ПО, составляющего диспетчер доступа (закладываемых как на этапе проектирования, так и на этапе программирования и компиляции), заключается в компрометации принципов, заложенных в моделях разграничения доступа (дискреционный, мандатный и ролевой контроль доступа). Инструментарий, позволяющий обеспечить поиск ошибок программирования и компиляции, известен и апробирован [1], однако вопросу проверки гарантий архитектуры (функциональное тестирование диспетчера доступа) в настоящее время уделено недостаточно внимания [2].

Традиционный подход функционального тестирования, основанный на модели угроз, не совсем уместен при проведении проверок диспетчера доступа в ходе сертификационных испытаний. Данный подход не подразумевает устранение первопричин возникновения угроз несанкционированного доступа в обход ПРД. По его результатам выбирается лишь ряд точечных мер (носящих характер ужесточения требований к функционалу подсистем защиты), позволяющих, по мнению экспертов, нейтрализовать наиболее актуальные угрозы. Однако гарантии того, что в архитектуре диспетчера доступа отсутствуют возможности по нарушению ПРД при взаимодействии субъектов и объектов, при этом не рассматриваются. В то же время подход на основе модели угроз целесообразен при формировании правил использования механизмов защиты, составляющих диспетчер доступа (т.е. при формировании политики безопасности, регулирующей правила взаимодействия субъектов/объектов в адресном пространства).

Таким образом, решение вопроса проверки гарантий архитектуры (формирование принципов реализации диспетчера доступа и обоснование их достаточности для невозможности получения доступа субъектов к объектам в обход правил ПРД), – является актуальным.

Обобщенная модель взаимодействия субъектов с объектами в адресном пространстве. Формально любая информационная система (на каком бы уровне абстракции она ни рассматривалась) представляет собой множество субъектов S, осуществляющих различные виды доступа к множеству объектов O. Доступ осуществляется под контролем механизмов безопасности M (совокупность которых составляет диспетчер доступа) в соответствии с правилами политики безопасности Pol.

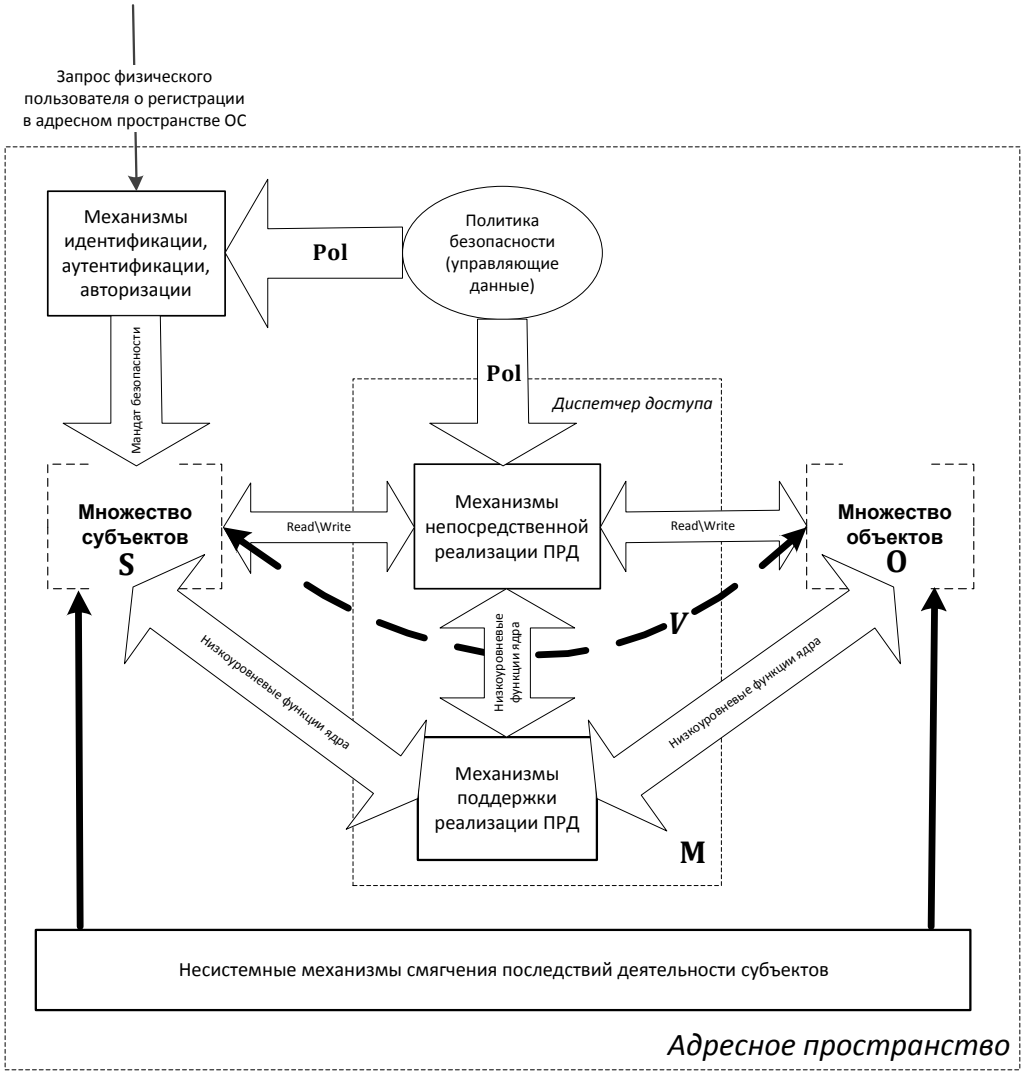


Рисунок 3 – Обобщенная схема взаимодействия субъектов с объектами в адресном пространстве

Как показано на рисунке 3, в организации взаимодействия субъектов с объектами адресного пространства участвуют следующие элементы:

– множество субъектов $\boldsymbol{S} = \{s_1, s_2, .., s_{ns}\}$, где ns – общее число субъектов;

– множество объектов $\boldsymbol{O} = \{o_1, o_2, .., o_{no}\}$, где no – общее число объектов;

– политика безопасности $\boldsymbol{Pol} = \{pol_1, pol_2, .., pol_{np}\}$, где np – общее число элементов политики безопасности, регламентирующих порядок доступа субъектов к объектам;

– механизмы обеспечения безопасности информации $\boldsymbol{M} = \{m_1, m_2, .., m_{nm}\}$, где nm – общее число механизмов защиты, обеспечивающих реализацию политики безопасности;

– уязвимости адресного пространства $\boldsymbol{V} = \{v_1, v_2, .., v_{nv}\}$, где nv – общее число уязвимостей, приводящих к нарушению КДЦ информационных ресурсов.

Определим, что в каждый момент времени $\boldsymbol{t}$ (индексируемый тактом процессора) любой объект или субъект адресного пространства может находиться в одном из трёх состояний (ри. 4):

– «Изолирован» – для субъекта (как для активной сущности) данное состояние означает выполнение операций в пределах собственного адресного пространства, а для объекта (как для пассивной сущности) – что его адресное пространство не взаимодействует с любыми другими субъектами;

– «Чтение» – данное состояние для субъекта и объекта означает инициализацию (выполняемую со стороны субъекта) входного потока данных извне (из других субъектов и объектов системы);

– «Запись» – данное состояние для субъекта и объекта означает инициализацию (выполняемую со стороны субъекта) исходящего потока данных (в другие субъекты и объекты системы).

При этом элемент обработки $\boldsymbol{F}$, являясь разделяемым ресурсом, доступен $\boldsymbol{S_i}$-му субъекту ограниченный промежуток времени $\boldsymbol{\Delta t}$. Таким образом, каждый этап жизненного цикла субъектов и объектов характеризуется исполнением запросов субъекта на некотором элементе обработки $\boldsymbol{F_{\Delta t}(s_i|S,O)}$.

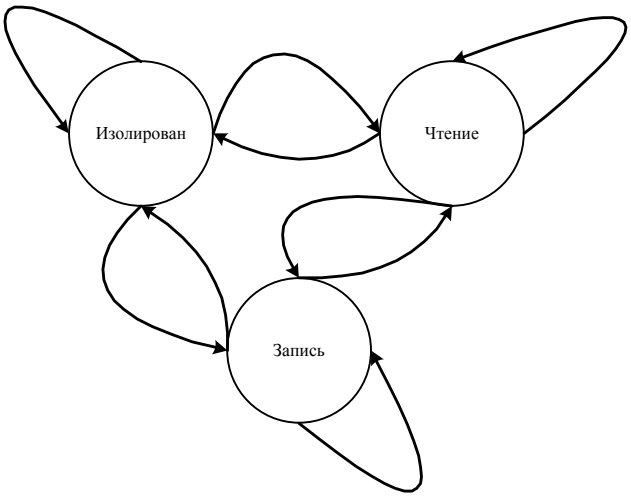


Рисунок 4 – Основные состояния субъектов/объектов в адресном пространстве

Обобщенная модель нарушителя. Нарушитель управляет одним или несколькими субъектами и объектами адресного пространства. Нарушитель имеет все возможности в пределах адресного пространства данных сущностей и может выполнять произвольные вычисления, а также любое число запросов к диспетчеру доступа. Цель нарушителя состоит в том, чтобы определить или изменить внутреннее состояние сущностей, не находящихся под его управлением, в обход ПРД.

Обобщенная постановка задачи. Постановка задачи обеспечения информационной безопасности заключается (выражение 1) в выборе совокупности механизмов защиты, позволяющей обеспечить заданный уровень безопасности информации соответствующего уровня конфиденциальности (вероятность успешной реализации угроз $\boldsymbol{P}(s_i \xrightarrow{V(\mathrm{Pol(M)})} o_j)$, из перечня актуальных угроз) при одновременной минимизации издержек на построение механизмов защиты $\boldsymbol{R(M)}$.

$$\begin{cases} \boldsymbol{P}\left(s_i \xrightarrow{V(\mathrm{Pol(M)})} o_j\right) \le \boldsymbol{P^{\mathrm{тр}}} \\ \boldsymbol{R(M)} \to min \end{cases} \Bigg| \; L - \text{уровень конфиденциальности}. \qquad (1)$$

Реализация доверенного диспетчера доступа позволяет обеспечить постоянный уровень нарушения ПРД (определяемый только наличием скрытых каналов утечек, зависящих, например, от используемого планировщика задач [3]) и снизить издержки на построение механизмов защиты (выражение 2).

$$\begin{cases} P\left(s_i \xrightarrow{V(M)} o_j\right) = const \\ \mathbf{Pol(M)} \le \mathbf{Pol^{TP}} \\ R(M) \to min \end{cases} \Bigg| \; L - \text{уровень конфиденциальности.} \qquad (2)$$

Таким образом, в пределах общей задачи обеспечения информационной безопасности важное место занимает:

– разработка принципов надежной изоляции сущностей на уровне диспетчера доступа;

– обоснование достаточности предложенных принципов для выполнения требований гарантий архитектуры диспетчера доступа;

– формирование перечня проверок, проводимых в ходе сертификационных испытаний.

Предложения по составу проверок функционального тестирования диспетчера доступа. Сущность проверок функционального тестирования диспетчера доступа сводится к проверке надежности изоляции сущностей в адресном пространстве, т.е. невозможности произвольным субъектом изменения состояния (или получения информации о состоянии) другого субъекта или объекта в обход диспетчера доступа. Обобщая требования, представленные в [3], сформулируем принципы построения диспетчера доступа и обобщённое описание проверок следующим образом.

1. Принцип изоляции сущностей объект/субъект:

– каждый субъект/объект должен иметь выделенное, защищённое адресное пространство, которое не может быть изменено в обход диспетчера доступа;

– состояния каждого субъекта/объекта не должны зависеть от состояний любых других субъектов/объектов и определяются только диспетчером доступа в ходе обработки запросов (в соответствии с ПРД), поступающих со стороны субъектов;

– ошибки внутреннего состояния каждого субъекта не должны влиять на внутреннее состояние и состояние жизненного цикла других субъектов и объектов в обход диспетчера доступа;

– никакой субъект в обход диспетчера доступа не должен влиять на выполнение другого субъекта;

– контексты выполнения субъектов на обрабатывающем элементе должны быть защищены (контекст выполняемого процесса полностью и целостно восстанавливается при передаче управления обрабатывающего элемента на него).

Обобщенное описание проверок:

– описание границ субъекта (структура данных процесса);

– описание границ объекта (структура данных файла);

– описание состояния «Изолировано» (т.е. процедуры и функции выполнения внутри собственного адресного пространства);

– обоснование невозможности выхода за пределы собственного адресного пространства методами отличными от разрешенного доступа к внешней среде.

Принцип единственности (доверенности) канала передачи данных между сущностями:

– переход сущностей из одного состояния в другое должен выполняться под непосредственным контролем диспетчера доступа;

– операции чтения и записи должны выполняться только посредством механизмов (процедур и функций), контролируемых диспетчером доступа с учетом ПРД;

– все субъекты (за исключением системных процессов) должны иметь одинаковый ресурс времени Δt по доступу к элементу обработки F (противодействие скрытым каналам передачи по времени).

Обобщенное описание проверок:

– описание процедур и функций осуществления переходов из/в состояния «Изолировано»/«Чтение»/«Запись»;

– описание полей, ответственных за поддержку ПРД;

– локализация и проверка корректности функций, реализующих проверки правил ПРД;

– описание политики планирования диспетчера доступа;

– локализация и анализ процедур и функций, реализующих алгоритм политики планирования выделения вычислительных ресурсов процессам системы;

– вычисление потенциального уровня утечки (и определение его приемлемости) для случая, когда время доступа к элементу обработки для процессов выделяется неравномерно;

– обоснование единственности механизма «внешнего» взаимодействия (т. е. единственности механизма обеспечения явных информационных потоков).

2. Принцип «чистоты» функционирования сущностей во всех состояниях:

– при инициализации сущностей им должно выделяться очищенное адресное пространство;

– переход сущностей из состояния в состояние должен сопровождаться очисткой остаточной информации;

– при смене контекста выполнения на обрабатывающем элементе должна производиться очистка остаточной информации.

Обобщенное описание проверок:

– описание механизмов работы (процедур и функций выделения перераспределения памяти и т.д.) с адресным пространством сущностей;

– локализация исходных текстов, проверка наличия и корректности реализации соответствующих функций очистки адресного пространства (при переходе в состояние изолировано).

3. Принцип отчетности сущностей при переходах из состояния в состояние:

– диспетчер доступа должен включать функционал, позволяющий выполнять сбор информации о функционировании сущностей;

– информация о создании и удалении сущностей (с необходимой детализирующей информацией) должна иметь отражение в соответствующих базах данных;

– информация по всем переходам сущностей (с необходимой детализирующей информацией) из состояния в состояние должна иметь отражение в соответствующих базах данных.

Обобщенное описание проверок:

– описание механизма сбора информации о сущностях в различных состояниях и переходах между состояниями;

– локализация процедур и функций, реализующих отчётность, и проверка их применения во всех состояниях.

4. Принцип контроля целостности исполняемых модулей диспетчера доступа:

– диспетчер доступа должен включать функционал проверки неизменности исполняемых модулей;

– проверка целостности исполняемых модулей диспетчера доступа должна быть периодической.

Обобщенное описание проверок:

– описание механизма проверки целостности исполняемых модулей диспетчера доступа;

– локализация процедур и функций, реализующих контроль целостности, и проверка его периодичности.

Предложенные модель взаимодействия субъектов с объектами в адресном пространстве и принципы построения диспетчера доступа являются обобщенными, т.е. их уточнение, обоснование, адаптация, математическое описание и предложения по их практическому применению есть направление дальнейших исследований. Однако применение указанных проверок в ходе сертификационных испытаний позволяет повысить доверие к надежности изоляции сущностей адресного пространства, а значит – подтвердить определенные гарантии архитектуры диспетчера доступа, закладываемые разработчиками на этапе проектирования.

Обеспечение полного доверия к гарантиям архитектуры диспетчера доступа, а также решение данной задачи при программировании, компиляции и устранении НДВ (на аппаратном и программном уровнях) позволит в перспективе уйти от концепции угроз на уровне адресного пространства, переведя все угрозы на уровень продуманности правил политики безопасности, что, в свою очередь, существенно снизит издержки на построение механизмов защиты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анисимов Д.В., Мельников П.В. Проведение сертификационных исследований программного обеспечения с использованием технологии LLVM // Информационные системы и технологии, 2016. – № 2. – С. 99-104.
2. Руководящий документ Гостехкомиссии России. Средства вычислительной техники. Защита от несанкционированного доступа к информации. Показатели защищенности от несанкционированного доступа к информации // Гостехкомиссия России. – М., 1999.
3. Montage: A methodology for designing compostable end-to-end secure distributed systems, final technical report // Air force research laboratory information directorate, 2012.

Мельников Павел Вячеславович
ФГКВОУ ВО «Академия Федеральной службы охраны Российской Федерации», г. Орел
Кандидат технических наук, сотрудник
Тел.: 8(4862)54-99-38
E-mail: palmel@inbox.ru

Анисимов Дмитрий Владимирович
ФГКВОУ ВО «Академия Федеральной службы охраны Российской Федерации», г. Орел
Сотрудник
Тел.: 8 (4862) 54-99-38
E-mail: dimadikiy@mail.ru

P.V. MEL'NIKOV *(Candidate of Engineering Sciences, Employee)*

D.V. ANISIMOV *(Employee)*
The Academy of Federal Security Guard Service of the Russian Federation, Orel

CHECKING THE WARRANTIES OF ARCHITECTURE OF SOFTWARE IN THE PROCESS OF CERTIFICATION TESTS (PRINCIPLES OF FORMATION OF ACCESS MANAGER)

Creating conditions that exclude the possibility of the subject to access an object in circumvention access control rules is challenging approaches to the solution of which are complex. At the decision of this problem it is important to ensure the reliability, both the hardware component and software, the central element of which is the access manager. The article presents the proposals for the composition of the audit during functional testing Access Manager in the certification tests.

Keywords: *information security; access manager; guarantees architecture; insulation entities; functional testing.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Anisimov D.V., Mel'nikov P.V. Provedenie sertifikacionny'x issledovanij programmnogo obespecheniya s ispol'zovaniem texnologii LLVM // Informacionny'e sistemy' i texnologii, 2016. – № 2. – S. 99-104.
2. Rukovodyashhij dokument Gostexkomissii Rossii. Sredstva vy'chislitel'noj texniki. Zashhita ot nesankcionirovannogo dostupa k informacii. Pokazateli zashhishhennosti ot nesankcionirovannogo dostupa k informacii // Gostexkomissiya Rossii. – M., 1999.
3. Montage: A methodology for designing compostable end-to-end secure distributed systems, final technical report // Air force research laboratory information directorate, 2012.

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

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

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

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

Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

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

ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ НАУЧНОЙ СТАТЬИ

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

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

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ НАУЧНОЙ СТАТЬИ

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

Обязательные элементы:

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

ТАБЛИЦЫ, РИСУНКИ, ФОРМУЛЫ

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

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

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

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

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