
СИСТЕМЫ ВЫСОКОЙ ДОСТУПНОСТИ

№ 3, т. 13, 2017

Highly available systems

Журнал включен в перечень ВАК

Главный редактор — академик Академии криптографии Российской Федерации **В. И. Будзко**

Редакционная коллегия:

чл.-корр. РАН В.Л. Арлазаров, д.ф.-м.н. А.П. Баранов, к.т.н. В.Г. Беленков, д.т.н. В.Н. Захаров, д.т.н., проф. П.Д. Зегжда, д.т.н., проф. Л.А. Калиниченко, д.т.н., проф. Б.Н. Оныкий, д.т.н. М.Ю. Сенаторов, д.т.н., проф. И.Н. Синицын (зам. гл. редактора), акад. РАН И.А. Соколов, к.ф.-м.н. Г.К. Столяров (Беларусь), д.ф.-м.н., проф. В.М. Фомичев, д.т.н. А.В. Шмид, Di Walter H. Mayer (Австрия)

Editor-in-Chief – Academician of Russian Federation Cryptography Academy **V.I. Budzko**

Editorial Board:

Corresponding Member RAS V.A. Arlazarov, Dr.Sc. (Phys.-Math.) A.P. Baranov, Ph.D. (Eng.) V.G. Belenkov, Dr.Sc. (Phys.-Math.), Prof. V.M. Fomichev, Dr.Sc. (Eng.) Prof. L.A. Kalinichenko, Dr.Sc. (Eng.), Prof. B.N. Onykii, Dr.Sc. (Eng.) M.Yu. Senatorov, Ph.D. (Eng.) A.V. Shmid, Dr.Sc. (Eng.), Prof. I.N. Sinitsyn (Deputy Editor), Academician RAS I.A. Sokolov, Ph.D. (Phys.-Math.) G.K. Stolyarov (Belarus), Dr.Sc. (Eng.) V.N. Zakharov, Dr.Sc. (Eng.), Prof. P.D. Zegzhda, Dr.Sc. (Eng.) Walter H. Mayer (Austria)

Журнал издается под научно-методическим руководством Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» Российской академии наук.

СОДЕРЖАНИЕ

Структуризация проблемы улучшения пространственной согласованности баз геоданных арктической зоны
Дулин С.К., Розенберг И.Н., Уманский В.И.

Синтез универсальной архитектуры и протокола криптовалюты в рамках национального проекта
Щербаков А.Ю.

Машинная грамматика русского языка
Будзко В.И., Калинин Ю.П., Козеренко Е.Б., Хорошилов А.А., Хорошилов А.А.

3 14

15 18

19 33

CONTENTS

Structuring the problem of improving the spatial consistency of the geodatabase of the Arctic zone

Dulin S.K., Rozenberg I.N., Umansky V.I.

Synthesis of a generic architecture and protocol of cryptocurrencies in the framework of the national project

Scherbakov A.Yu.

Machine grammar of the Russian language

Budzko V.I., Kalinin Yu.P., Kozerenko E.B., Khoroshilov A.A., Khoroshilov A.A.

Алгебраический подход к подготовке данных для вывода ассоциативных правил Мунерман В.И.	34	37	Algebraic approach the data preparation for the associative rules derivation Munerman V.I.
Информационные операции и проблема формирования современной культуры информационной безопасности Коробец Б.Н., Минаев А., Сычев М.П.	38	45	Information operations and problem of modern culture information security formation Korobets B.N., Minaev V.A., Sychev M.P.
Игровой имитационный анализ механизма оценивания научно-технических проектов с участием активных экспертов Коробец Б.Н., Минаев В.А., Сычев М.П., Щепкин А.В.	47	53	Simulation game analysis of scientific and technical projects assessment mechanism with participation of active experts Korobets B.N., Minaev V.A., Sychev M.P., Schepkin A.V.
Инструментальное программное обеспечение анализа и синтеза стохастических систем высокой доступности (IV) Синицын И.Н., Сергеев И.В., Корепанов Э.Р., Конашенкова Т.Д.	55	69	Software tools for analysis and synthesis of stochastic systems with high availability (IV) Sinitsyn I.N., Sergeev I.V., Korepanov E.R., Konashenkova T.D.
Проблемы использования единого хранилища оптической и радиолокационной информации по Арктической зоне («ХОРИАЗ») и обеспечения информационной безопасности при его использовании Будзко В.И., Беленков В.Г., Борохов С.В., Кейер П.А., Сметанин Н.Н., Толстой А.И.	70	84	Problems of the use and information security of the Optical and Radar Information Storage for the Arctic zone («ORISAZ») Budzko V.I., Belenkov V.G., Borokhov S.V., Keyer P.A., Smetanin N.N., Tolstoy A.I.

Все статьи, представленные в данном выпуске журнала, соответствуют номенклатуре специальностей научных работников (Приказ Минобрнауки РФ от 11.08.2009 № 294) по отраслям технических наук.

Journal «Sistemy' vy'sokoj dostupnosti» («Highly available systems»).
The journal covers scientific and engineering problems of ensuring confidentiality, availability, and integrity for the class of information-telecommunication systems of high availability (HA ITS), which contain such critical technologies of development

Необходимую информацию о журнале и полный список опубликованных статей, а также аннотации к ним Вы найдете на нашем сайте <http://www.radiotec.ru>



Учредитель: ООО «Издательство «Радиотехника».

Лицензия № 065229. Свидетельства о регистрации ПИ № ФС 77-25037 от 12 июля 2006 г.
 Сдано в набор 25.08.2017 г. Подписано в печать 28.09.2017 г.
 Печ. л. 10,5. Тираж 400 экз. Изд. № 117.
 Адрес Издательства «Радиотехника»: 107031, Москва, К-31, Кузнецкий мост, д. 20/6. Тел./факс 621-4837.
 E-mail: info@radiotec.ru
<http://www.radiotec.ru/>

Дизайн и допечатная подготовка ООО «САЙНС-ПРЕСС».
 Отпечатано в ФГУП Издательство «Известия». 127254, ул. Добролюбова, д. 6. Контактный телефон (495) 650-38-80. Заказ №.

ISSN 2072-9472

© ООО «Издательство «Радиотехника», 2017 г.

Незаконное тиражирование и перевод статей, включенных в журнал, в электронном и любом другом виде запрещено и карается административной и уголовной ответственностью по закону РФ «Об авторском праве и смежных правах»

Структуризация проблемы улучшения пространственной согласованности баз геоданных арктической зоны

© Авторы, 2017

© ООО «Издательство «Радиотехника», 2017

С.К. Дулин – сотрудник, Институт проблем информатики ФИЦ ИУ РАН (Москва)

E-mail: s.dulin@ccas.ru

И.Н. Розенберг – сотрудник, ОАО «НИИАС»

E-mail: I.Rozenberg@gismps.ru

В.И. Уманский – сотрудник, ОАО «НИИАС»

E-mail: umanvi@yandex.ru

Описан метод пространственной согласованности географических наборов данных в векторном формате, ориентированный на устранение ошибок отображения и классификации. Рассмотрено три вида ошибок, которые влияют на соответствующие виды согласованности: структурные, геометрические и топо-семантические. Показано, что каждый вид ошибки требует разработки специальных процедур проверки и коррекции, которые представлены в виде общей структуры.

Ключевые слова: согласованность геоданных, геоинформационная система, топология геоданных, структуризация, согласованность базы геоданных арктической зоны.

A method of spatial consistency of geographic data sets in a vector format is described, which focuses on eliminating display and classification errors. Three types of errors that affect the corresponding types of consistency are considered: structural, geometric and topo-semantic. It is shown that each type of error requires the development of special verification and correction procedures, which are presented in the form of a general structure.

Keywords: geodatabase coverage, geoinformation system, geodatabase topology, structuring, consistency of the geodatabase of the Arctic zone.

Качество данных – ключевой вопрос любой информационной системы. В географической информационной системе (ГИС) геометрические особенности геоданных определяют формирование комплекса управления качеством геоданных. Еще в прошлом веке комиссией пространственного качества данных ICA [1] были определены семь компонентов пространственного качества геоданных: происхождение, позиционная точность, атрибутивная точность, завершенность, логичность [2], семантическая точность [3] и временная зависимость.

Цель работы – проанализировать логическую согласованность и семантические аспекты точности представления геоданных цифровых моделей карты арктической зоны, предложить общую структуру проверки и коррекции согласованности базы геоданных в векторном формате.

Независимо от источников геоданных (оцифровка карты, аэрофотосъемка или данные системы GPS) получающиеся географические наборы данных должны быть непротиворечивыми, чтобы использоваться в процессе пространственного анализа и гарантировать надежность решений, основанных на геоданных (например, при территориальном планировании).

Однако во многих существующих наборах геоданных ощущается нехватка геометрического и топологического структурирования, что неизбежно приводит к ошибкам, не обеспечивая должным образом надежность результатов запросов, анализа или рассуждения.

Представленный ниже метод улучшения пространственной согласованности существующих наборов геоданных в векторном формате позволяет улучшить как согласованность между объектами базы геоданных и реальными объектами (стрелка 1 на рис. 1), так и внутреннюю

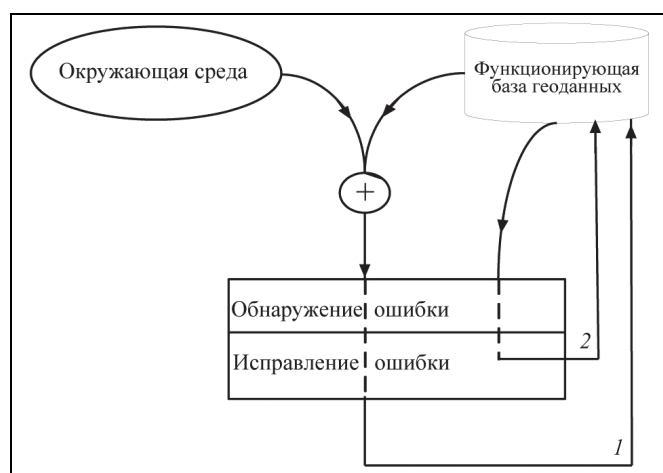


Рис. 1. Схема проверки согласованности существующих ГИС

согласованность базы геоданных самой по себе (модели и структуры, стрелка 2 на рис. 1).

В работе используется понятие топо-семантической (топо – от топологической) согласованности, которая является частью классической логической согласованности, определенной еще в [2]. Топо-семантическая согласованность касается правильности топологических отношений между двумя объектами согласно их семантике. Например, здание в другом здании – это, конечно, ошибка, тогда как здание на участке земли – не ошибка, хотя в обоих случаях используется отношение «многоугольник в многоугольнике». Поэтому использование семантики, присущей каждому объекту, обязательно, чтобы обеспечить корректность каждого отношения.

Пространственный контекст согласованности

В настоящее время ГИС все более вовлечены в процессы, основанные на логическом рассуждении и принятии решений с учетом пространственных особенностей объектов. Картография больше не является основной зоной функциональности ГИС.

Существующие наборы геоданных содержат ошибки [4] (и особенно ошибки, невидимые в рабочем масштабе), которые не нарушают визуализацию, но препятствуют или делают вообще невозможным проведение пространственного анализа. Более того, пространственным моделям геоданных ГИС недостает структуризации, чтобы обеспечить пространственный анализ. Таким образом, методология проверки и коррекции согласованности жизненно необходима для реализации пространственного анализа в базах геоданных.

Поскольку предлагаемое исследование имеет дело только с базами векторных геоданных, то для разработки метода проверки и коррекции согласованности достаточно, чтобы были доступны только базы геоданных, модели геоданных и некоторые спецификации геоданных.

Проверка пространственной согласованности требует разработки процедур обнаружения несогласованности и определения ошибок согласованности. Ошибка может иметь различные уровни последствий. Некоторые ошибки могут отключить процесс анализа и тем самым быть своевременно обнаруженными, тогда как другие ошибки могут привести к ошибочным конечным результатам. В этом случае трудно выяснить, надежен ли результат или нет.

Приобретение геоданных в системе может быть выполнено по-разному. Исследование различных методик позволяет выдвинуть предположения относительно происхождения ошибок, сопровождающих данный процесс. В ГИС обычно используют следующие методы получения геоданных:

сбор координатных геоданных непосредственно на экране (с устройством позиционирования) – в таком случае оценка только визуальна и субъективна (это вызывает существенную погрешность); инструментальные средства проверки, которые гарантируют правильный ввод, встречаются редко и, кроме того, они не всегда могут обеспечить полную проверку;

сбор координатных геоданных, набираемых непосредственно с клавиатуры – возникают проблемы законности геоданных (откуда они исходят, какова их степень точности или качества?) и происходят ошибки ввода геоданных;

автоматическое приобретение – возникают проблемы извлечения и дешифрирования геоданных, как при интерпретации аэрофотосъемки;

получение геоданных, поступающих из других систем – степень надежности и точности геоданных не всегда известны, ошибки могут произойти и в процессе передачи; также могут возникнуть семантические ошибки (основанные на топологических отношениях) из-за различий между этими системами (различные структуры геоданных или системы координат);

композиция (например, объединение) с другими объектами, существующими в базе геоданных – распространение возможных ошибок используемых объектов;

преобразование в цифровую форму – погрешность точности позиционирования, ошибки позиционирования, многократные точки (при расположении слишком близко друг к другу), объекты, зафиксированные дважды.

Очевидно, что процессы сбора геоданных потенциально могут быть источниками ошибок. Некоторые из таких ошибок могут быть обнаружены прямой экспертизой геоданных (незамкнутый многоугольник, точка вне диапазона), в то время как для обнаружения других видов ошибок необходимо принять во внимание семантику объектов (например, два многоугольника, чье перекрытие может быть или

не быть ошибкой в зависимости от реальных объектов, которые они представляют). Следовательно, можно определить три вида ошибок в зависимости от того, какая часть объектов рассматривается.

Выявление каждого вида ошибок соответствует уровню представления объектов, которые должны быть проанализированы, чтобы установить их согласованность. Существует три уровня представления [5]: структурный уровень (структуры геоданных); геометрический уровень (концептуальная модель); топо-семантический уровень (значения объектов согласно топологическим отношениям). Этим уровням соответствуют три вида ошибок.

Структурные ошибки возникают из-за некорректности структур геоданных. Структуры геоданных должны позволять хранить данные согласно модели геоданных. Иногда специфические характеристики, поддерживаемые моделью геоданных, не поддерживаются структурами геоданных, что может привести к ошибкам. Несогласованности могут происходить на стадии реализации выполнения различных процедур. Структура геоданных, которая не отражает модель геоданных достаточно достоверно, может привести к структурным ошибкам.

Геометрические ошибки происходят из-за неправильной интерпретации геометрической части объектов (формы и позиции). Модель геоданных должна давать адекватное представление мира. Однако некоторые особенности реальной геометрии объектов не всегда хорошо фиксируются моделью геоданных. Например, многоугольник должен быть замкнут, следовательно, если он незамкнутый – это геометрическая ошибка (если модель геоданных не определяет многоугольник как замкнутый объект, то тогда эта модель геоданных противоречива).

Топо-семантические ошибки связаны со значениями характеристик реальных объектов, представленных в базе геоданных. Их следует обнаруживать и рассматривать на основе анализа пространственных отношений.

Проверка согласованности

Географическое информационное моделирование сопряжено с определенными проблемами, связанными с пространственными признаками геообъектов. Реальные объекты, типа зданий или озер, характеризуются формой, местоположением, отношениями с другими объектами и семантикой. Форма и местоположение являются геометрическими признаками. В процессе моделирования географической информации в первую очередь следует обратить определенное внимание именно на эти два вида признаков. Наряду с геометрическими признаками объектов очень важны пространственные отношения. Пространственные отношения обычно группируются в три категории [5]:

топологические отношения, которые являются инвариантными при топологических преобразованиях рассматриваемых объектов;

метрические отношения в терминах расстояний и направлений;

отношения пространственного порядка, определяющие порядок между объектами в зависимости от точки наблюдения.

Проверка пространственной согласованности должна учитывать все особенности этих категорий. Цель проверки состоит в гарантии того, что геометрический объект и пространственные признаки геообъектов правильно обработаны базой геоданных. На рис. 2 показана схема метода проверки пространственной согласованности. Отправные точки – окружающая среда и база геоданных.

Список свойств объектов фиксируется на основе наблюдений окружающей среды и исследования наиболее используемых пространственных моделей геоданных. Состав списка, указанного на рис. 2, будет показан на рис. 3. Выбирая свойства из этого списка согласно модели геоданных и качественным спецификациям базы геоданных, можно сформировать список свойств, необходимых для каждой ГИС. Сформированный список свойств используется для проверки геометрической согласованности набора геоданных.

Из математической теории следует, что топологические отношения между объектами могут быть описаны на основе модели девяти пересечений [6]. Топологические ограничения целостности, в свою очередь, определяются с помощью топологических отношений. Построенные таким образом ограничения можно затем использовать, чтобы проверить топо-семантическую согласованность набора геоданных.

Данные в базе геоданных хранятся в виде определенных структур. Эти структуры соответствуют принятой модели геоданных, но иногда требуются специальные приемы программирования, чтобы об-

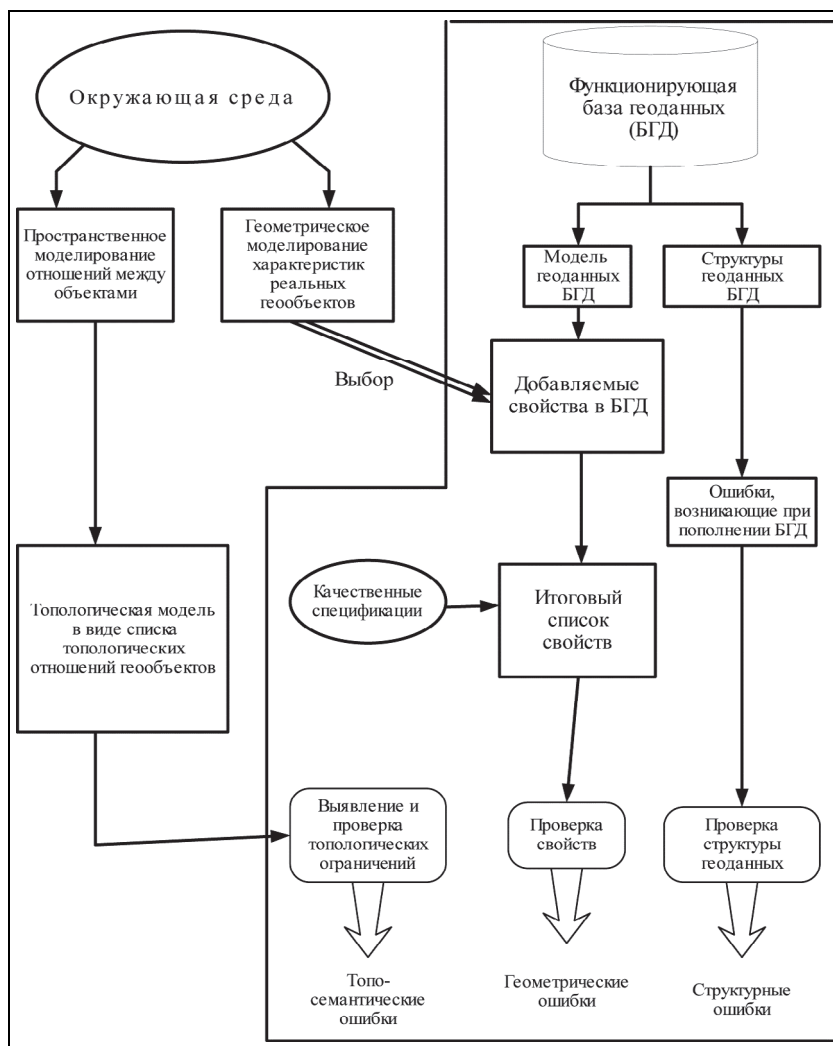


Рис. 2. Схема метода проверки согласованности

рабатывать специфические признаки. Этот вид ошибки связан с несоответствием модели и структуры геоданных и не может быть определен общепринятым способом. Однако такие проблемы должны быть зафиксированы и разрешены в рамках проверки структурной согласованности.

Назначение модели геоданных состоит в том, чтобы представить окружающую среду в базе геоданных. Это представление должно быть простым и должно отражать существенные для решения поставленных задач особенности реальных объектов. Геометрическое моделирование объектов должно удовлетворять двум главным требованиям: хорошее математическое представление объектов и хорошее описание объектов.

В существующих ГИС модели геоданных отвечают этим требованиям при различных уровнях полноты представления геоданных.

Возникает первый вопрос процесса проверки согласованности: «Модель геоданных отражает все релевантные особенности реальных объектов?»

Ответ – конечно, «нет». Во-первых, реальный мир содержит

слишком много семантик, которые не могут быть зафиксированы в модели геоданных. Во-вторых, существующие модели геоданных были спроектированы, чтобы удовлетворять информационным нуждам, спектр которых постоянно расширяется.

Следовательно, модели геоданных должны быть улучшены добавлением свойств, которые фиксируют пространственные характеристики реальных объектов.

Свойство – это правило о форме или о позиции нужного объекта, которое должно сохраняться. Каждый раз, когда правило не выполняется, обнаруживается геометрическая ошибка. На рис. 3 показан ряд свойств, которые могут быть зафиксированы в базе геоданных. Каждое свойство присоединено к форме или к связи между двумя формами.

Свойства объектов:

r1 – точечная согласованность (диапазон значения на каждой оси);

r2 – точка или уникальность узла;

r3 – линия или уникальность кромки (края);

r4 – многоугольник или уникальность переднего края;

r5 – существование на уровне ссылок (это не пространственное свойство, поэтому оно не показано на рис. 3);

r6.1 – незамкнутый объект;

r6.2 – замкнутый объект;

r7 – несамопересекающийся (по границе);

p8 – связность;
 p9 – значение края;
 p10 – ориентация;
 p10.1 – граничная ориентация;
 p11 – пространственное покрытие рядом объектов;
 p12 – неперекрывающиеся многоугольники или передние планы.

Свойства связей между объектами:

- pI – две различные точки или узлы;
- pII – принадлежит по крайней мере двум объектам;
- pIII – принадлежит точно одному;
- pIV – все объекты набора различны;
- pV – объекты набора отсортированы;
- pVI – принадлежит точно двум объектам;
- pVII – принадлежит самое большее двум объектам.

В зависимости от модели геоданных можно построить соответствующий список свойств, подходящих для ГИС, выбирая свойства из приведенного списка. Этот процесс показан на рис. 3 стрелкой, названной выбором.

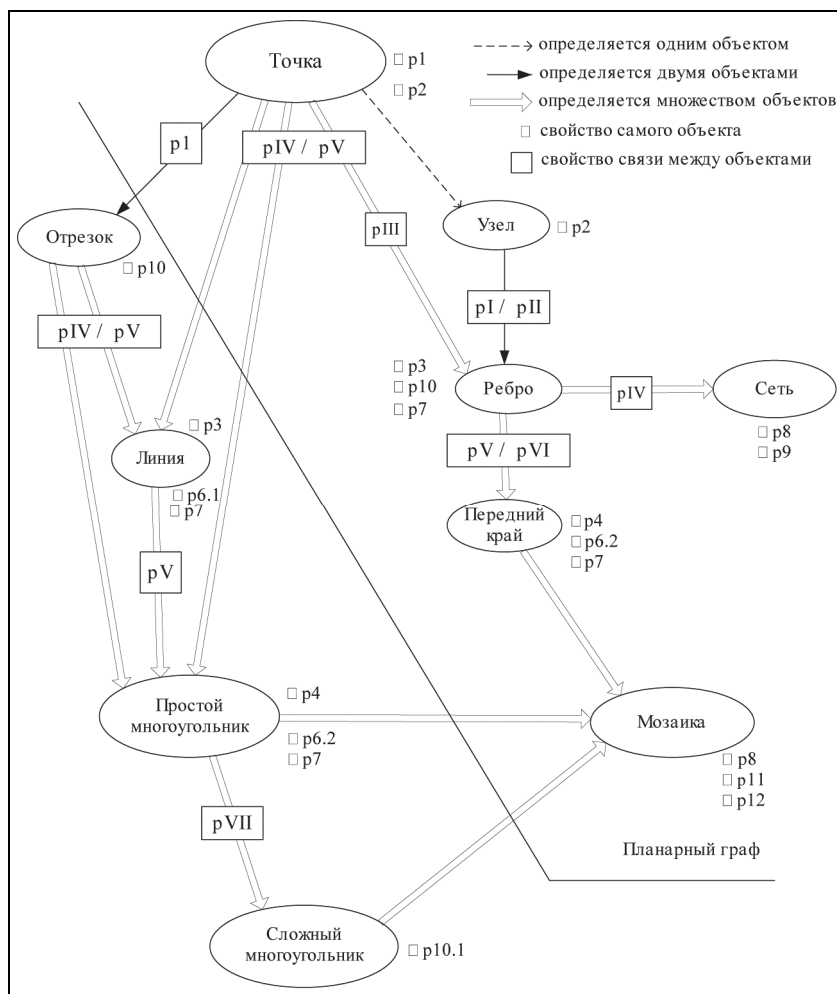


Рис. 3. Схема свойств геометрических объектов и связей между ними

Модели, основанные на многоуровневом представлении, планарных графах и многоугольных моделях геоданных, – самые популярные геометрические модели геоданных, используемые в ГИС. Они основаны на геометрических объектах, таких как точки (или узлы), линии (или дуги), многоугольники (или передние планы), и на отношениях между такими объектами (например, линия – ряд точек, которые могут быть отсортированы или нет).

Структуры геоданных, используемые для реализации таких моделей, могут содержать некоторые свойства объектов в своем определении, то есть объекты, внесенные в структуру, автоматически обладают ими. Следовательно, свойства, зафиксированные моделями геоданных, можно не проверять. На рис. 3 справа от разделяющей линии перечислен список свойств, применимых к планарному графу.

В данной работе приняты во внимание только топологические ограничения. Топологическое отношение между двумя сущностями основано на анализе общих частей их форм. Достоверность любого топологического отношения основана на семантике обеих сущностей. Именно поэтому ошибки, исходящие из недостоверных топологических отношений между объектами, называют топо-семантическими ошибками.

Существует несколько моделей для обработки топологических отношений [6]. Топологические ограничения целостности основаны, как уже говорилось выше, на топологическом отношении. Такие отношения описывают относительную позицию объектов в пространстве.

Топологическое ограничение определено как ОГРАНИЧЕНИЕ = (Класс_сущностей 1, Отношение, Класс_сущностей 2, Спецификация), то есть как совокупность двух географических объектов, топологического отношения между ними и спецификации, которая может быть одной из следующих: запрещенное; по крайней мере n раз; не больше, чем n раз; точно n раз.

Спецификация «Запрещенное» – самая интересная и полезная для использования. Топологические ограничения целостности, определенные с использованием этой спецификации, нужны для конечных пользователей, чтобы описать топологические ситуации, которые они не хотят видеть в своей базе геоданных.

Рассмотрение в качестве основных сущностей точки, линии и многоугольника приводит к шести группам возможных отношений: точка/точка, точка/линия, точка/многоугольник, линия/линия, линия/многоугольник, многоугольник/многоугольник.

Ограничения топологической целостности определяют правила, основанные на семантике сущностей базы геоданных. Как и список свойств, эти ограничения должны быть адаптированы к обрабатываемому набору геоданных.

Топологические ограничения определяются следующим списком операций: 1) выбрать первый класс объектов; 2) выбрать второй класс объектов; 3) выбрать отношение из предложенного списка; 4) определить спецификацию.

Примеры ограничений топологической целостности:

ОГРАНИЧЕНИЕ1 (Дорога, Пересечение, Здание, Запрещенное);

ОГРАНИЧЕНИЕ2 (Водовод, Соединение, Водопровод, Точно 2 раза).

Структура для обнаружения ошибок и коррекции

Рассмотрим общую структуру проверки и коррекции пространственной согласованности геоданных, которая позволит применять методологию, предложенную ранее, для большинства наборов векторных геоданных.

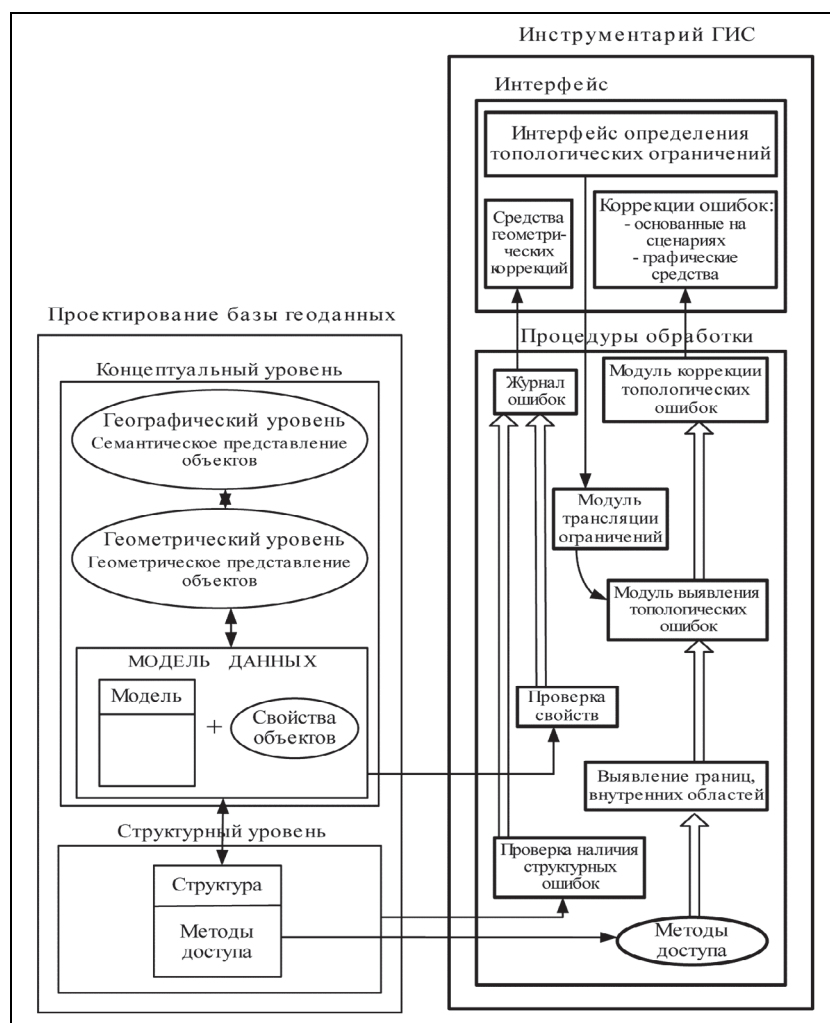


Рис. 4. Структура проверки и коррекции согласованности ГИС

Структура на рис. 4 представляет собой связи между различными частями полнофункциональной ГИС, чтобы можно было проверять наборы геоданных и исправлять пространственные ошибки. Будем рассматривать две части: базу геоданных, которая содержит всю информацию относительно описания реального мира, и функциональные возможности ГИС, которые содержат ряд инструментальных средств доступа к данным и обработки наборов геоданных.

Рассматривая базу геоданных, следует сосредоточиться на геометрическом представлении и хранении геоданных в векторном формате. База геоданных имеет *концептуальный* и *структурный уровни*. *Концептуальный уровень* – единственный, который полностью находится в ведении конечного пользователя. Через выбранную модель геоданных этот уровень определяет логическую организацию геоданных в базе геоданных. *Структурный уровень* описывает все структуры используемых геоданных для хранения геообъектов.

ГИС содержит инструментальные средства манипулирования базой геоданных. Целесообразно различать два вида инструментальных средств: 1) *инструментальные средства обработки*, то есть процессы, которые вычисляют результаты запросов, анализа и вывода; 2) *инструментальные средства интерфейса*, которые обеспечивают конечного пользователя средствами формирования этих запросов. Обычно этот интерфейс содержит интерфейс определения топологических ограничений, интерфейс коррекции топологических ошибок, который предлагает все возможные исправления для каждой ошибки, и интерфейс коррекции геометрических ошибок. Уровень средств обработки содержит методы доступа к данным (которые зависят от структур геоданных), ведение журнала ошибок и процесс проверки топологических ограничений (трансляция ограничений и проверка).

Прежде всего следует определить необходимую степень адаптации, чтобы можно было применить методологию к конкретной базе геоданных.

Первый шаг процесса обнаружения ошибок должен адаптировать структуру к рассматриваемому набору геоданных. При этом определенной адаптации подвергаются как семантический, так и геометрический уровни.

Сначала предполагается выбор из списка на рис. 3 свойств, которые релевантны обрабатываемой базе геоданных. Затем следует обратиться к геометрической модели геоданных, используемой в ГИС (свойства, очевидно, различным образом зависят от выбранной модели: многоуровневая или планарный граф). Далее можно получить информацию из существующего документа о качестве (спецификации качества), в котором есть указания о том, что нужно проверять, а что – нет.

Полученный таким образом исчерпывающий список геометрических свойств (относительно модели геоданных и спецификаций) должен быть зафиксирован в базе геоданных.

Обнаружение ошибки

Каждый вид ошибки обрабатывается определенным способом. Проверка согласованности на предмет структурных ошибок осуществляется процедурами, предназначенными для конкретной базы геоданных.

Геометрические ошибки являются, по сути, более общими, так как они связаны со свойствами геометрических объектов, обычно используемых в моделях геоданных. Поэтому процессы проверки согласованности, разработанные для одной базы геоданных, могут быть многократно использованы в другой базе геоданных. Тем не менее, некоторые свойства затрагивают конкретные структуры геоданных, и процесс проверки, связанный с ними, должен быть адаптирован к этим структурам.

Топо-семантические ошибки зависят от общих понятий. При условии, что определенные функции доступа к данным были реализованы для базы геоданных, представленные процессы проверки могут быть применены к любой ГИС.

Вообще говоря, процессы проверки сталкиваются с двумя трудностями: проблемой полноты всех видов возможных ошибок и проблемой доказательства завершения каждого процесса проверки: Действительно ли обнаружены все объекты, содержащие эту ошибку? Можно ли считать, что действительно обнаружены некоторые хорошие объекты?

Структурные ошибки не могут быть установлены априори. Они возникают из-за некорректности структур геоданных, используемых в базе геоданных, поэтому список этих ошибок не может быть определен в начале обработки.

Такие ошибки не всегда могут выявляться процессом проверки свойств. Они часто связаны с использованием приемов программирования для обработки случаев, которые не определены моделью геоданных (например, для многоугольников с внутренними контурами, которые обрабатываются, как сложные многоугольники). Набор приемов, обрабатывающих геометрические представления, компенсирует слабость модели. Напротив, более полная модель с сильными, конструктивными и ясно определенными свойствами (такая, как планарный граф) сама сокращает эти структурные ошибки.

Определение общих процессов проверки и коррекции этого вида ошибки выходит за пределы темы данной работы, но является предпосылкой общего процесса улучшения согласованности. Поэтому далее представлен только один пример типичной структурной ошибки и способ ее обработки.

Многоугольники с внутренними контурами. Самый интересный случай структурной ошибки касается многоугольников с внутренними контурами. Эта ошибка является следствием того, что простые и сложные многоугольники обычно не различаются в общей структуре геоданных. Отверстия описываются

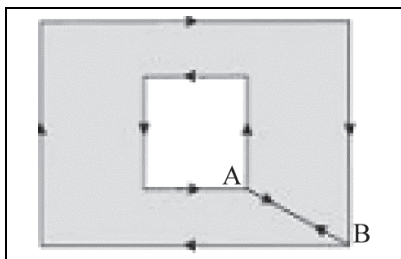


Рис. 5. Многоугольник с внутренним контуром

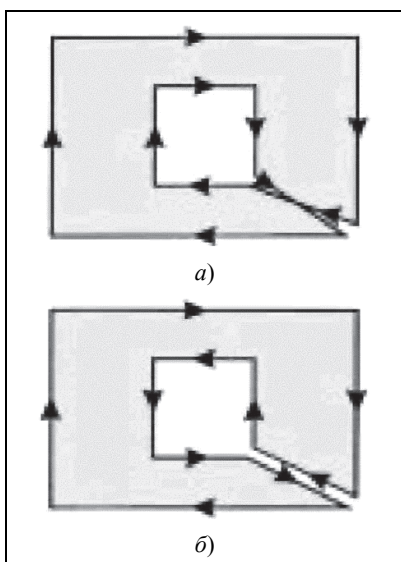


Рис. 6. Ошибки соединения сегментов: а – самопересекающиеся границы; б – отверстие больше не распознается как отверстие

как часть границы объекта и связываются с внешними линиями двумя вспомогательными сегментами или вспомогательными линиями (с противоположными направлениями, чтобы гарантировать замыкание многоугольника, рис. 5): их называют соединяющие сегменты.

Таким образом, возникает два вида проблем, проистекающих из этого специфического средства представления.

1. Неточность нанесения этих соединяющих сегментов и погрешности их координат могут привести к ошибочным многоугольникам (самопересекающиеся границы, рис. 6,а, или отверстие больше не распознается как отверстие, рис. 6,б). В первом случае (рис. 6,а) внутренняя и наружная границы имеют то же самое направление вращения (эта ошибка приводит к неправильному результату, когда вычисляется, например, поверхность объекта), тогда как во втором случае (рис. 6,б) никакое свойство в принципе не нарушено (тем не менее, это – действительно ошибка).

2. Возникновение ошибок, сгенерированных этими объектами, непосредственно связано с различными назначениями этих соединяющих сегментов. Фактически, они не принимают участия в описании объекта, в то время как на практике многочисленные многоугольники представлены с невидимыми вспомогательными сегментами, которые действительно описывают объекты (это обусловлено картографическими инструментальными средствами программного обеспечения, задействованными для того, чтобы избежать прорисовывания одной и той же линии несколько раз). Очень важно делать различие между этими двумя видами вспомогательных сегментов так, чтобы обрабатывать различные соединяющие сегменты разными способами, а не принимать во внимание их во всех случаях одинаково, выполняя геометрические операции (исчисление периметра, буферной зоны и др.), которые могут привести к ошибочным результатам.

Геометрический вид ошибок может быть охарактеризован как неточность соотношения объекта со свойствами принятой модели.

Выбор процедуры проверки геоданных зависит от модели геоданных. Для большинства свойств может быть определен специальный алгоритм, пригодный почти для всех сущностей модели геоданных (например, чтобы гарантировать замкнутое выражение многоугольника, достаточно иметь три алгоритма в зависимости от того, как определена его граница, используя точки, сегменты или дуги). Без классификации векторных моделей геоданных в ГИС невозможно сформировать полный список алгоритмов проверки, однако во многих простых случаях может быть произведена обработка геоданных известными алгоритмами.

И форму, и семантику объектов следует проверять на наличие таких ошибок. Форма позволяет определять топологическую сцену, а семантика позволяет устанавливать достоверность сцены (посредством ограничений топологической целостности). Проверка на наличие топо-семантических ошибок требует вычисления топологического отношения. Чтобы упростить проблему, обычно рассматриваются только точки, линии и многоугольники (или области).

Например, пусть определено следующее топологическое ограничение целостности: (Река, Пересечение, Река, Запрещенное). Оно будет оттранслировано в: *если* ПЕРЕСЕЧЕНИЕ_РАЗМЕРНОСТИ_0 (внутренняя область (Река1), внутренняя область (Река2)), *тогда обнаружено* «Несогласованность».

Каждый раз, когда обнаружена несогласованность, сцена сохраняется в журнале ошибок, который будет использоваться в процессе исправления геоданных. Алгоритмы проверки ошибок обнаруживают несколько видов ошибок, позволяющих оценить число объектов, которые нужно исправить.

Исправление ошибок

В общем случае существует немного возможностей для автоматического исправления ошибок, потому что эти исправления могут быть сделаны, только если процесс обнаружения ошибок завершен и если

существует только одно очевидно возможное исправление. В других случаях необходимо исправление вручную. Это связано с тем, что конечному пользователю следует проверить, что ошибка – не исключение, или что исправление нуждается в интерпретации семантики объекта, которую компьютер не может сделать. Тем самым целесообразно обеспечить пользователя интерфейсом, с помощью которого будут предлагаться различные сценарии исправлений и предотвращаться появление новых ошибок (полуавтоматическое исправление).

Что касается структурных ошибок, то процессы исправления будут сильно зависеть от рассматриваемой базы геоданных. Для случаев геометрических и семантических ошибок некоторые общие идеи, конечно, могут быть применены к любым базам геоданных. Однако способ обработки исправлений будет обязательно зависеть от структур геоданных.

Структурные ошибки непосредственно связаны с выбором реализации. Таким образом, они должны быть исправлены по отношению к структурам геоданных, и методы исправления должны быть определены для каждого случая структурных ошибок.

Что касается случая многоугольников с внутренними контурами, то для них имеет смысл определить новый стиль линии, чтобы отличать соединяющие сегменты от вспомогательных (так как они имеют различные назначения), и объединять концевые точки таких сегментов, когда это необходимо.

Большинство геометрических ошибок может быть сведено к проблеме, касающейся точек объектов, поэтому должны быть ясно определены различные возможности обработки точек. Следующий список представляет собой основные операции, которые могут быть применены к точкам: добавление новой точки; удаление точки; слияние двух точек; проектирование точки на сегмент; изменение координат существующей точки.

Только ограничения топологической целостности, использующие спецификацию «Запрещенное», могут привести к полуавтоматическим исправлениям. В этом случае ошибка определена как запрещенное топологическое отношение между двумя объектами, поэтому способ исправления ошибки будет состоять в том, чтобы изменить топологическое отношение между этими объектами. Будет рассчитан ряд сценариев исправления с применением нескольких видов изменений к обоим объектам, входящим в запрещенное топологическое отношение (вместе или один за другим). Предлагаются следующие изменения:

- модификация объектов – перемещение объектов, изменение формы объектов;
- удаление одного объекта;
- разбиение объекта (создание нового объекта).

Расчет и предлагаемые исправления сценариев имеют два основных преимущества. Первое – это облегчение и ускорение работы конечного пользователя. Второе – управление процессом исправления гарантирует, что исправление не создаст новую ошибку.

Перемещение объекта гарантирует, что поверхностная область обоих объектов остается неизменной. Один из двух объектов, входящих в запрещенное отношение, перемещается согласно основному направлению, пока топологическое отношение не изменится.

Изменение формы означает перемещение части объекта, оставляя при этом другую часть неизменной. Цель такого исправления состоит в том, чтобы изменить топологическое отношение между двумя объектами, не изменяя отношения с другими объектами набора геоданных. Корректировки будут сделаны некоторым соответствующим алгоритмом, который привяжет характерные точки одного объекта к характерным точкам другого объекта.

Удаление одного объекта полезно, когда объект был оцифрован дважды. Тогда могут быть найдены два объекта, очень близко расположенные друг к другу.

Разбиение одного объекта на два новых объекта позволяет поддерживать планарность карты. Единственное условие проверки состоит в том, что два новых топологических отношения отличаются от предыдущего. Такая коррекция может быть предложена, когда запрещенное отношение возникло из-за того, что один из двух объектов покрывает частью своей внутренней области внутреннюю область или границу другого объекта. Тогда коррекции могут быть следующие: разбить один из двух объектов на несколько частей; создать новый объект, основанный на общей части объектов, и удалить его от каждого из объектов.

Довольно часто используемые структуры геоданных основаны на многоуровневой модели. В этом случае самые сложные проблемы заключаются в исправлении семантических ошибок, поскольку они

основаны на топологии объектов. В худшем случае конечному пользователю придется использовать собственные инструментальные средства фиксации и модификации, обеспечиваемые программно. Однако следует помнить, что такой метод может привести к появлению новых ошибок в базе геоданных.

Часто приходится обрабатывать несколько уровней геоданных, с которыми объекты явно не связаны, но обязаны этому только своим местоположением. Если объект использовался как модель, чтобы создать новый объект на другом уровне, модификация первого объекта не должна затрагивать второй объект. Иначе это может вызвать новые ошибки, называемые «*межуровневыми ошибками*». Такие проблемы, в принципе, могут быть обнаружены впоследствии процессами проверки, но в таком случае коррекции, которые были уже произведены на первых объектах, придется повторить. Значит, чтобы избежать таких проблем, следует разработать процессы обработки, допускающие копирование этих коррекций (например, из журнала уже сделанных коррекций).

Интересное расширение описанной выше проблемы касается геоданных, которые могли быть обновлены извне (например, кадастровые данные). В этом случае, поскольку модификации не были сделаны в системе, они не могли быть скопированы на другие уровни геоданных системы. Кроме того, журнал коррекций не мог быть доступен. Проблема состоит в том, чтобы заменить данные других уровней в правильном месте в соответствии с теми данными, которые уже были изменены. Таким образом, для решения этой проблемы необходимо предложить инструментальные средства выполнения этих операций автоматически.

Ограничения структуры

Процессы проверки часто используют допуск, который в общем случае является максимальным расстоянием между точками, но может иметь и другой геометрический формат (угол между двумя сегментами). Любой алгоритм, который использует допуск, подразумевает выбранные ограничения. Фактически, допуск должен быть определен как абсолютное значение: ниже этого значения объект правилен (относительно проверяемого свойства), а вне этого значения он некорректен. Такое четко определенное значение практически не может быть найдено, поэтому процесс обнаружения, который использует жесткий допуск, никогда не будет завершен: если значение допуска является слишком маленьким, ошибки могут остаться необнаруженными, и напротив, если это значение является слишком большим, могут быть выявлены объекты, которые не ошибочны. Таким образом, допуск должен устанавливаться соответственно проверяемым объектам и с точностью до набора геоданных так, чтобы процесс обнаружения был завершенным настолько это возможно.

Цель любой коррекции состоит в том, чтобы сохранить достигнутое качество в течение всего процесса коррекции и после его завершения.

При этом, прежде всего, различные процессы коррекции не должны привести к возникновению новых ошибок любого вида, то есть применяемые алгоритмы должны гарантировать корректность исправленных геоданных относительно всех других видов ошибок. Таким образом, эти процессы должны выполняться только единожды.

Следует также обратить внимание на порядок коррекций. Поскольку некоторые ошибки могут быть исправлены только после того, как будет решен ряд других проблем, процессы коррекции конечно должны упорядочиваться: тогда можно предположить, что будут исправляться ошибки, касающиеся только одного объекта (структурные и геометрические ошибки) до исправления тех ошибок, которые касаются нескольких объектов (семантические ошибки). Обратный метод привел бы к путанице с частями, которые не соответствуют друг другу.

Наконец, когда база геоданных будет исправлена, необходимо избежать появления в ней новых ошибок. Таким образом, должны быть созданы процедуры, которые могли бы автоматически проверить каждый новый объект, вставленный в базу геоданных.

Обычно ограничения целостности определяют правила пополнения базы геоданных. Правила применяются к классу географических объектов и заставляют каждый объект этого класса (например, дорога) соответствовать этим правилам. Это означает, что объекты реального мира имеют предопределенные характеристики.

Тем не менее, такая гипотеза на практике слишком строга. Исключения всегда имеют место в наборах геоданных. Например, большинство дорог не пересекает здания, но некоторые из них проходят внутри здания или под ним. Это не означает, что нельзя использовать такое ограничение, но нужно обеспечить способы обработки исключений.

Топологические ограничения целостности, которые были описаны выше, позволяют обнаруживать топологические ситуации, чтобы исправить их или только сообщать о них. Может быть, конечному пользователю не обязательно исправлять каждое нарушение ограничения, обнаруженное в базе геоданных. Он может просто хранить их в базе исключений.

Можно предложить два способа обработки исключений. Первый должен определить каждое ограничение с атрибутом «нет исключений» и сообщать о каждом случае, как только такое исключение будет обнаружено. База исключений тогда пополняется постепенно присоединением списка случаев исключений к каждому ограничению. В этом случае исключение – это выражение, содержащее пару объектов.

Пример 1. Изначально имеем:

ОГРАНИЧЕНИЕ 1 = (Дорога, пересечение, Здание, Запрещенное) нет исключений.

После процесса обнаружения получаем:

ОГРАНИЧЕНИЕ 1 = (Дорога, пересечение, Здание, Запрещенное) с исключением (N7, B112); (N8, B114).

Второй способ заключается в том, чтобы позволить конечному пользователю создавать свой список исключений заранее. В этом случае пары объектов не проверяются в течение процесса обнаружения. На иерархической структуре определения геообъектов можно определить те ограничения целостности, которые унаследованы через иерархию и которые позволяют определять исключения на подклассах.

Пример 2. Туннель – подкласс дороги:

ОГРАНИЧЕНИЕ 2 = (Дорога, пересечение, Здание, Запрещенное) с исключением (туннель, здание).

- Была представлена структура для согласованности и коррекции наборов геоданных цифровых моделей карты арктической зоны. Рассматривалось три вида ошибок (структурные, геометрические и семантические) и проверка геометрической согласованности. Подход проведения коррекций предполагает выполнение трех этапов:

1. *Подготовка к проверке.* В соответствии с содержанием базы геоданных должен быть выбран набор свойств и определен набор топологических ограничений целостности.

2. *Свойства и проверка ограничений.* Свойства проверяются посредством вычислительных геометрических алгоритмов, а ограничения проверяются предикатами первого порядка. Этот этап выявляет ряд ошибок.

3. *Исправление ошибок.* Сценарии коррекции создаются для каждой ошибки. Семантические (исходящие из ограничений топологической целостности) и геометрические ошибки обеспечиваются набором соответствующих инструментальных средств.

В процессах коррекции существенным моментом является гарантия, что новые ошибки не создадутся в базе геоданных. Автоматические исправления всегда обеспечивают это требование. Что касается исправлений вручную, они должны использовать другие сценарии, но так, чтобы все они гарантировали согласованность геоданных.

Целесообразно объединять различные подходы к выполнению коррекций, чтобы обеспечить различные уровни функционирования в зависимости от профиля пользователя.

Как было описано выше, не следует ограничиваться конкретной моделью геоданных (за исключением примеров структурных ошибок). Должна быть сформирована открытая система, в которой могут быть учтены новые виды ошибок, так как невозможно убедиться в полноте перечисленных ошибок, которые будут найдены в пространственной базе геоданных. Кроме того, возникают новые потребности, с которыми связаны новые ограничения в пространственных моделях геоданных (и новые виды ошибок).

Чтобы применять структуру к конкретной ГИС, необходимо произвести адаптацию, состоящую из следующих этапов:

1) проверка структурной согласованности и процессы коррекции должны быть перепроектированы согласно структурам геоданных конкретной ГИС;

- 2) для каждой ГИС должен быть установлен свой список свойств;
- 3) для каждой ГИС должны быть определены ограничения топологической целостности.

Интересная перспектива открывается, если проектировать предопределенные наборы свойств и процессов согласно моделям геоданных или прикладным типам. Определенные наборы свойств могут быть установлены в зависимости от наиболее используемых моделей геоданных, для того чтобы использовать их с соответствующей моделью геоданных. В качестве таких моделей геоданных целесообразно использовать широко известные коммерческие модели (ESRI, Intergraph и др.) и канонические модели (планарные графы, многоуровневые модели, сети и др.) в зависимости от приложений (региональное планирование, дорожное управление и др.). Другой подход мог бы состоять в том, чтобы позволить ограничениям устанавливаться в определенной области (в отдельной ГИС), в которой могли бы быть определены различия.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 15-29-06997 офу_м).

Литература

1. *Morrison J.* Spatial data quality // Elements of Spatial Data Quality. Elsevier Science. 1995. P. 1–12.
2. *Kainz W.* Logical Consistency // Elements of Spatial Data Quality. Elsevier Science. 1995. P. 109–138.
3. *Salge P.* Semantic accuracy // Elements of Spatial Data Quality. Elsevier Science. 1995. P. 139–152.
4. *Дулин С.К., Дулина Н.Г., Уманский В.И.* Устранение ошибок пространственной согласованности баз геоданных // Сб. научных трудов «Научная сессия МИФИ-2009». М.: НИЯУ МИФИ. 2009. Т. V. С. 19–22.
5. *Розенберг И.Н., Дулин С.К.* Геоинформационный портал отрасли. Гарантировать достоверность данных // Железнодорожный транспорт. 2010. № 2. С. 12–17.
6. *Egenhofer M.J., Franzosa R.D.* Point-set Topological Spatial Relations // International Journal of Geographic Information Systems. 2001. V. 5. № 2. P. 161–174.

Поступила 12 июля 2017 г.

Structuring the problem of improving the spatial consistency of the geodatabase of the Arctic zone

© Authors, 2017
© Radiotekhnika, 2017

S.K. Dulin – Employee, Institute of Informatics Problems of FRC CSC RAS (Moscow)

E-mail: s.dulin@ccas.ru

I.N. Rozenberg – Employee, JSC NIIAS

E-mail: I.Rozenberg@gismps.ru

V.I. Umansky – Employee, JSC NIIAS

E-mail: umanvi@yandex.ru

In geographical information systems (GIS), where the management of the quality of geodata depends on the spatial features of objects, the problem of consistency acquires additional complications. Considering the problems of ensuring the quality of visualization of digital models of the map of the Arctic zone, it should be noted that the generalization of such a map should not only guarantee certain standards for the derived scale of the map, but also maintain a certain level of semantics. A method of spatial consistency of geographic data sets in a vector format is described, which focuses on eliminating display and classification errors. Three types of errors that affect the corresponding types of consistency are considered: structural, geometric and topo-semantic. It is shown that each type of error requires the development of special verification and correction procedures, which are presented in the form of a general structure.

References

1. *Morrison J.* Spatial data quality // Elements of Spatial Data Quality. Elsevier Science. 1995. P. 1–12.
2. *Kainz W.* Logical Consistency // Elements of Spatial Data Quality. Elsevier Science. 1995. P. 109–138.
3. *Salge P.* Semantic accuracy // Elements of Spatial Data Quality. Elsevier Science. 1995. P. 139–152.
4. *Dulin S.K., Dulina N.G., Umanskiy V.I.* Ustranenie oshibok prostranstvennoj soglasovannosti baz geodanny'x // Sb. nauchny'x trudov «Nauchnaya sessiya MIFI-2009». М.: NIYaU MIFI. 2009. Т. V. С. 19–22.
5. *Rozenberg I.N., Dulin S.K.* Geoinformacionny'j portal otrasli. Garantirovat' dostovernost' danny'x // Zheleznodorozhny'j transport. 2010. № 2. С. 12–17.
6. *Egenhofer M.J., Franzosa R.D.* Point-set Topological Spatial Relations // International Journal of Geographic Information Systems. 2001. V. 5. № 2. P. 161–174.

Синтез универсальной архитектуры и протокола криптовалюты в рамках национального проекта

© Авторы, 2017

© ООО «Издательство «Радиотехника», 2017

А.Ю. Щербаков – д.т.н., профессор, гл. науч. сотрудник, ФИЦ «Информатика и управление» РАН (Москва)
E-mail: x509@ras.ru

Изложены принципы и подходы к синтезу универсальной архитектуры и протокола криптовалюты (КВ) в рамках национального проекта.

Ключевые слова: криптовалюта (КВ), хеш-функция, удостоверяющий центр (УЦ), блокчейн, майнинг.

The principles and approaches to the synthesis of a generic architecture and Protocol of cryptocurrencies in the framework of the national project.

Keywords: cryptocurrency, hash function, the certification authority (CA), the blockchain, mining.

Возрастающее влияние криптовалют (КВ) и связанных с ними технологий (блокчейн) в национальных экономиках ставят актуальную задачу синтеза решений, одинаково приемлемых как для бизнеса, так и для государственных структур и регуляторов экономики [3, 4, 9]. Основной политический смысл использования КВ в государственной экономике состоит в следующем: во-первых, самое главное – взять производство (майнинг) КВ под более или менее плотный контроль. Контроль заключается не только в отслеживании операций с КВ, но и в контроле эмиссии КВ. Во-вторых, необходимо обеспечить непосредственное участие граждан в эмиссии КВ и разгрузке потенциальных проблем с основной национальной валютой. В третьих – участие государства выгодно и для самого института КВ, поскольку выводит эту тему из полукриминального акцента в область более или менее прозрачного процесса.

Кроме того, и подконтрольность выработки, хождения и количества КВ также важна для поддержания транспарентно-демократического экономического дискурса.

Далее клиринговый оборот КВ позволит разгрузить платежную систему безналичных расчетов и снизить нагрузку на наличное обращение, причем весьма существенно.

Заметим также, что открытость схемы формирования КВ и ее поддержка государством в виде сертификации криптографических решений уполномоченными органами повышает не только субъективное, но и объективное доверие к механизму эмиссии и хождения КВ.

Ц е л ь р а б о т ы – рассмотреть архитектуру и протокол работы универсальной системы эмиссии КВ, пригодной как для децентрализованных недоверенных решений, так и для централизованных регулируемых финансовых и регистрационных процедур.

Современное состояние вопроса

Одной из самых больших проблем КВ на данный момент является фактическая централизация сервисов, несмотря на декларируемую децентрализованность и независимость [1]. Обработка блокчейна требует значительных вычислительных ресурсов и времени (например, обработка всего блокчейна Ethereum займет на обычном компьютере несколько недель), и обычные пользователи, желающие просто перевести несколько единиц КВ (монет), предпочитают использовать для этого централизованные сервисы. Большинство пользователей Bitcoin доверяют blockchain.info, пользователи Ethereum доверяют myetherwallet.

Более того, большинство пользователей доверяют обозревателям блоков, не проверяя корректность блоков в нем. Тогда в чем смысл «децентрализованной» социальной сети Steemit, если почти никто из ее пользователей не скачивает и не проверяет блокчейн, а верит, что данные, представленные на Steemit, верны? Если представить ситуацию, что blockchain.info был бы взломан, то злоумышленник может украсть все деньги пользователей из их кошельков и заменить нелегальные транзакции в обозревателе блоков на другие транзакции, оставляя атаку незамеченной в течение длительного времени. Таким образом, доверие к централизованным сервисам приводит к появлению в КВ единой точки отказа и узкого места с точки зрения майнинга, а также ставит под угрозу пользовательские сервисы и монеты.

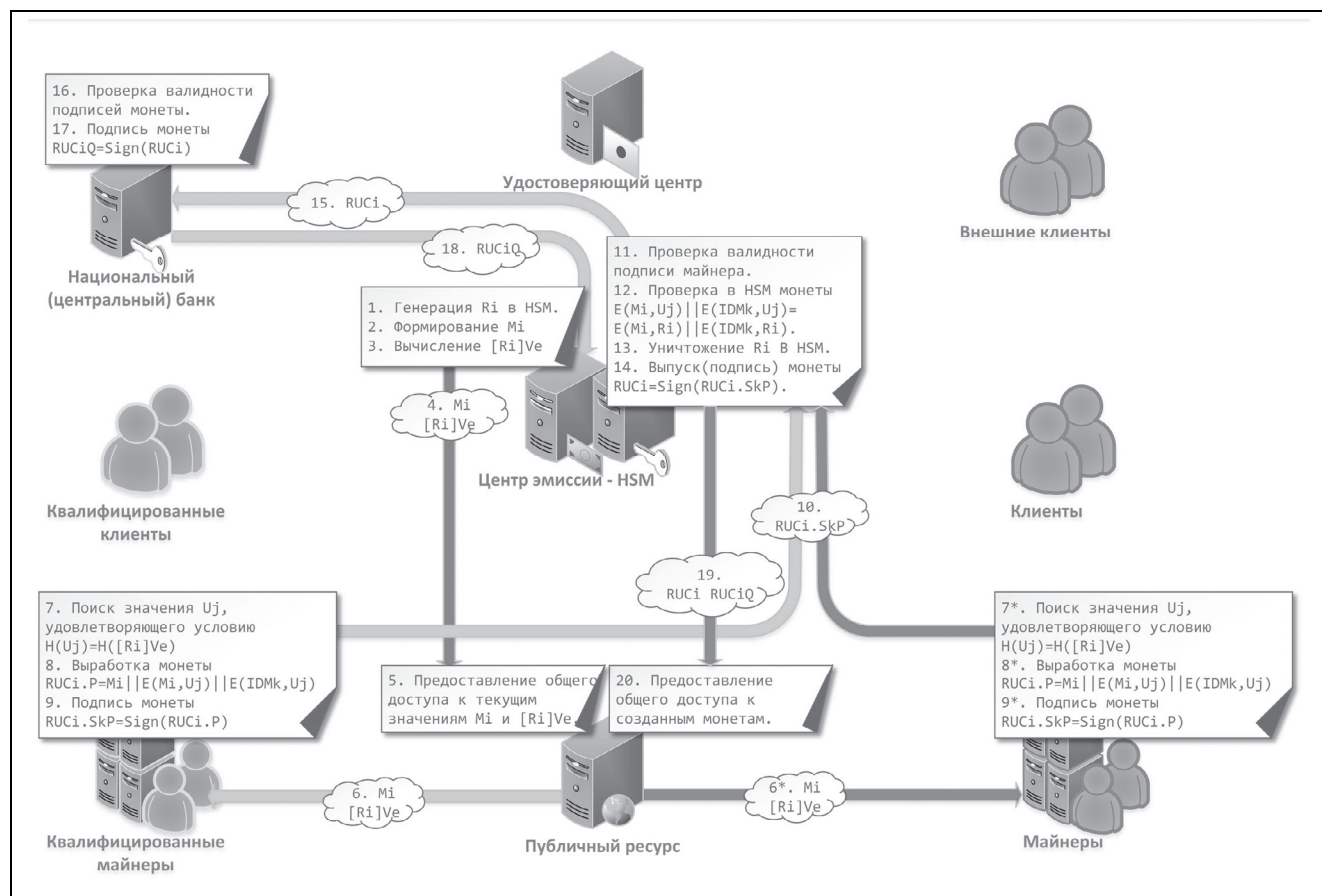
В случае популярных КВ требования к оборудованию высоки даже для простой проверки блокчейнов. Однако даже если у пользователя есть современное оборудование, способное быстро обрабатывать блоки, сетевой канал может оказаться недостаточно широким для быстрой синхронизации с сетью. Это приводит к ситуации, когда эффективно создавать новые блоки могут лишь небольшое число высокопроизводительных компьютеров, что приводит к фактической централизации майнинга. КВ задумывались как открытые системы, которые продолжают корректно работать лишь до тех пор, пока большинство их пользователей честны, однако в данный момент большая часть вычислительных мощностей сконцентрирована у небольшого числа майнеров, которые могут легко согласовать атаку 51-го процента. Майнинг-пулы ухудшают ситуацию – например, в случае Биткоина всего пять пулов контролируют более 50% хешрейта. Таким образом, назревает некоторое комплексное решение проблемы.

Архитектура и протокол национальной криптовалюты

Исходя из описанных принципов можно сформулировать общую архитектуру национальной КВ как в системно-аналитическом, так и в техническом аспекте.

Первый принцип – это разделение области майнинга, хранения (что часто называют термином BlockChain) и операций с КВ на две условно непересекающиеся области: на рисунке это область «золотых фишек» (государство, казначейство, министерство финансов, бюджетники и крупные корпорации) и область «красных фишек» – более рискованный рынок условно частных и средних (и, возможно, «анонимных»), идентифицированных только номером или псевдонимом) майнеров КВ и участников оборота и рынка КВ.

Во главе архитектуры находятся Удостоверяющий центр (УЦ), снабжающий всех участников системы КВ сертификатами (на рисунке Cert разных индексов и назначения), и Центр эмиссии (ЦЭ), который проверяет и заверяет выработанные монеты (с номером M_i) своей электронной подписью (ЭП), обо-



Архитектура и протокол универсальной эмиссии КВ

значенной на рисунке как операция $\text{Sign}()$.

Предполагается следующая схема эмиссии КВ. Внутри доверенного аппаратного модуля (HSM – Hardware Security Module), который сертифицирован уполномоченными национальными регуляторами, вырабатывается случайное число с аппаратного датчика R_i . Далее при помощи константы $H(\text{Root})$, где H – хеш-функция, а Root – текстовая строка (символ КВ, например, RuCoin), фиксируется часть бит R_i таким образом, чтобы длина неизвестных бит V_e была равна текущему параметру майнинга (потенциальной эмиссии КВ), и обозначается это значение как $[R_i]V_e$. Затем на публичный ресурс, являющийся неотъемлемой частью системы КВ, помещается $H([R_i]V_e)$ и номер монеты M_i . Для выработки монеты в целом используется криптографический алгоритм зашифрования $y = E(x, k)$. Необходимо заметить, что все операции выполняются внутри HSM и R_i принципиально никому не известен, что исключает риск вмешательства в работу системы со стороны ЦЭ.

Майнеры, имея $H([R_i]V_e)$ и номер монеты M_i , перебирают значения D_j в заданном V_e диапазоне значений таким образом, чтобы получить $H(D_j) = H([R_i]V_e)$, после чего вырабатывается монета $\text{RuCi} = M_i \| E(M_i, U_j) \| (E(\text{IDM}_k, U_j))$ (символ $\|$ обозначает конкатенацию), которая подписывается подписью майнера и передается либо непосредственно на ЦЭ для участников «золотой» области, либо через публичный ресурс на ЦЭ для участников «красной» области. Монета на ЦЭ, в свою очередь, проверяется на наличие и правильность подписи майнера и загружается в HSM ЦЭ и окончательно проверяется там при помощи алгоритма шифрования E или расшифрования D ($x = D(y, k)$) и внутри же подписывается ЭП ЦЭ и публикуется на ресурсе и в блокчейнах областей. После этого случайное число R_i уничтожается.

Для игроков «золотой» области монета подписывается еще и ЭП регулятора (национального или центрального) банка. Регулятор также устанавливает скорость эмиссии V_e единолично, либо с участием голосования участников.

Таким образом, монета в цепочке блокчейна подписана либо двумя подписями – майнера и ЦЭ, либо дополнительно третьей подписью регулятора, что обозначает ее доверенность.

Операции с монетами также происходят с использованием ЭП участников, при этом владелец (на первом этапе это майнер монеты) подписывает операцию как донор, а принимающий монету участник – как акцептор, наращивая блокчейн еще двумя подписями под описанием операции с монетой. В «золотой» зоне гарантом сделки может выступать регулятор, либо уполномоченный им банк, добавляя в блокчейн третью, своего рода, нотариальную подпись.

В отличие от биткойна, в данном случае возможность эмиссии ограничена только разрядностью числа M_i [8].

Регулирование массы КВ происходит либо установлением ограничений на публикуемые кандидаты M_i и $H([R_i]V_e)$, либо регулированием значений V_e – увеличением, если нужно ограничить рост массы КВ, либо уменьшением, если нужно ее увеличить.

Механизм, точно регулирующий скорость эмиссии в данной архитектуре, весьма важен. Иначе, как и в случае с биткойном, из-за дефицита средства курс будет стремительно расти, что хорошо для спекулянтов, но совершенно не позволяет вести в КВ бизнес, выдавать кредиты и т.д. Именно по этой причине физически ограниченное золото не смогло стать полноценными деньгами в растущих экономиках.

При выставлении на майнинг нескольких кандидатов для каждого должно быть выработано индивидуальное число R_i , которое хранится до его завершения. В системе также должно действовать единое время для установления первого майнера монеты, а также должна существовать система объективных очередей намайненных и переданных в ЦЭ кандидатов в монеты, доступных для внешнего (общественного) контроля.

Весьма важно заметить, что предлагаемая архитектура и протокол подходят не только для производства и эмиссии КВ, но и для проведения регистрационных действий, когда в качестве монеты M_i выступает любой цифровой объект (контракт, договор, транзакция, программный код и т.д.). В этом случае интерес майнеров как в области «красных», так и в области «золотых» фишек состоит в получении комиссии (платы в обслуживаемой КВ) за совершение регистрационных действий (формирование полноценного объекта с проверяемым идентификатором и подписью регистратора).

В данном случае блокчейны перестают лавинообразно нарастать в объеме, а система имеет преимущества как централизованной, так и децентрализованной системы. Поскольку майнинг не накладывает существенных вычислительных требований на ЦЭ, то функционирование всей системы возможно

даже при невысоких пропускных способностях каналов связи и при необходимости легко масштабируется. Сочетание хранения объектов локально у пользователей и на системах высокой доступности в рамках государственных и корпоративных ЦОД [2] делает систему в целом весьма устойчивой к потенциальной потере данных.

- Предложенные универсальная архитектура и протокол работы системы эмиссии КВ пригодны как для децентрализованных недоверенных решений, так и для централизованных регулируемых финансовых и регистрационных процедур.

Литература

1. Централизованные криптовалюты. URL = geektimes.ru/company/waves/blog/289379/.
2. Зайцев А.В., Гостев С.С., Черкашин П.А., Щербakov А.Ю. О технологии распределенного хранения конфиденциальной информации в центрах обработки данных общего назначения // НТИ. Сер. 2. Информационные процессы и системы. 2017. № 5. С. 11–13.
3. Black F. Banking and interest rates in a world without money: the effects of uncontrolled banking // Journal of Bank Research. 1970. № 1. P. 9–20.
4. Fama E.F. Banking in the theory of finance // Journal of Monetary Economics. 1980. № 6. P. 39–57.
5. Hall R.E. Monetary trends in the United States and the United Kingdom: a review from the perspective of new developments in monetary economics // Journal of Economic Literature. 1982. № 20. P. 1552–1556.
6. Kareken J. and Wallace N. On the indeterminacy of equilibrium exchange rates // Quarterly Journal of Economics. 1981. № 96(2). P. 207–222.
7. Meiklejohn S., Pomarole M., Jordan G., Levchenko K., McCoy D., Voelker G.M. and Savage S. A fistful of Bitcoins: characterizing payments among men with no names // Proc. of the 2013 Conference on Internet Measurement. 2013.
8. Nakamoto S. Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. 2008. URL = bitcoin.org.
9. Wallace N. A legal restrictions theory of the demand for «money» and the role of monetary policy // Federal Reserve Bank of Minneapolis Quarterly Review. 1983. № 7. P. 1–7.

Поступила 17 июля 2017 г.

Synthesis of a generic architecture and protocol of cryptocurrencies in the framework of the national project

© Authors, 2017
© Radiotekhnika, 2017

A.Yu. Scherbakov – Dr. Sc. (Eng.), Professor, Main Research Scientist,
FRC «Computer Science and Control» RAS (Moscow)
E-mail: x509@ras.ru

The principles and approaches to the synthesis of a generic architecture and Protocol of cryptocurrencies in the framework of the national project. Discuss the architecture and Protocol of a universal system of emission of cryptocurrencies, suitable for untrusted decentralized solutions centralized and regulated financial and registration procedures.

References

1. Czentralizovanny'e kriptovalyuty'. URL = geektimes.ru/company/waves/blog/289379/.
2. Zajcev A.V., Gostev S.S., Cherkashin P.A., Shherbakov A.Yu. O texnologii raspredelennogo xraneniya konfidencial'noj informacii v czentrax obrabotki danny'x obshhego naznacheniya // NTI. Ser. 2. Informacionny'e proccessy' i sistemy'. 2017. № 5. S. 11–13.
3. Black F. Banking and interest rates in a world without money: the effects of uncontrolled banking // Journal of Bank Research. 1970. № 1. P. 9–20.
4. Fama E.F. Banking in the theory of finance // Journal of Monetary Economics. 1980. № 6. P. 39–57.
5. Hall R.E. Monetary trends in the United States and the United Kingdom: a review from the perspective of new developments in monetary economics // Journal of Economic Literature. 1982. № 20. P. 1552–1556.
6. Kareken J. and Wallace N. On the indeterminacy of equilibrium exchange rates // Quarterly Journal of Economics. 1981. № 96(2). P. 207–222.
7. Meiklejohn S., Pomarole M., Jordan G., Levchenko K., McCoy D., Voelker G.M. and Savage S. A fistful of Bitcoins: characterizing payments among men with no names // Proc. of the 2013 Conference on Internet Measurement. 2013.
8. Nakamoto S. Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. 2008. URL = bitcoin.org.
9. Wallace N. A legal restrictions theory of the demand for «money» and the role of monetary policy // Federal Reserve Bank of Minneapolis Quarterly Review. 1983. № 7. P. 1–7.

Машинная грамматика русского языка

© Авторы, 2017

© ООО «Издательство «Радиотехника», 2017

В.И. Будзко – д.т.н., профессор, зам. директора ФИЦ «Информатика и управление» РАН (Москва)

Ю.П. Калинин – д.т.н., профессор, вед. науч. сотрудник, ФИЦ «Информатика и управление» РАН (Москва)

Е.Б. Козеренко – к.ф.н., зав. лабораторией, ФИЦ «Информатика и управление» РАН (Москва)

А.А. Хорошилов – д.т.н., вед. науч. сотрудник, Институт проблем информатики ФИЦ ИУ РАН (Москва); профессор, Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)

E-mail: khoroshilov@mail.ru

А.А. Хорошилов – к.т.н., науч. сотрудник, Институт проблем информатики ФИЦ ИУ РАН (Москва)

E-mail: alex_khoroshilov@mail.ru

Рассмотрены принципы и методы создания программных и декларативных средств машинной грамматики русского языка. Показано, что разработанные на основе описанных принципов и методов программные и декларативные средства машинной грамматики русского языка доказали их эффективность и в настоящее время используются в ряде промышленных информационных систем для решения многих сложных задач автоматической обработки и смыслового анализа текстовой информации.

Ключевые слова: русский язык, машинная грамматика, морфологический анализ, словоизменение, словообразование, программные средства, декларативные средства, автоматическая нормализация слов.

The principles and methods for creating program and declarative means of machine grammar of the Russian language are considered. It is shown that the program and declarative tools of the computer grammar of the Russian language developed on the basis of the described principles and methods have proved their effectiveness and are now used in a number of industrial information systems to solve many complex problems of automatic processing and semantic analysis of textual information.

Keywords: Russian language, machine grammar, morphological analysis, word change, word formation, software tools, declarative means, automatic word normalization.

Ц е л ь р а б о т ы – рассмотреть принципы и методы создания программных и декларативных средств машинной грамматики русского языка.

Под термином *машинная грамматика русского языка* понимается комплекс программных и декларативных средств, обеспечивающих автоматическое определение структуры слов, набора их грамматических характеристики, а также средств установления смыслового тождества между членами словоизменительной или словообразовательной парадигм. Рассматриваемые программные средства машинной грамматики включены в состав процедур семантико-семантического анализа русских текстов программно-лингвистической платформы MetaFraz, предназначенной для решения задач автоматической обработки текстов и семантического анализа их смыслового содержания. Программные средства базировались на оригинальных алгоритмах, разработанных научным коллективом сотрудников Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» Российской академии наук (ФИЦ ИУ РАН) и компании «МетаФраз». Декларативные средства, представляющие собой комплекс словарей и грамматических таблиц в машинной форме, создавались на основе широкомасштабных исследований больших объемов политематической текстовой информации (измеряемой десятками миллионов слов) лингво-статистическими методами. Разработанный комплекс программных средств машинной грамматики также успешно используется в составе различных промышленных информационных систем в ряде Федеральных органов, учебных и научно-исследовательских институтов и крупных информационных центров РФ.

Система флективных классов русских слов

Общеизвестно, что русский язык относится к типу флективных языков, в которых основным средством словоизменения являются окончания, а средством словообразования – приставки и суффиксы. Но ввиду того, что словообразование с помощью приставок существенно изменяет смысл слов, а словообразование с помощью суффиксов только незначительно модернизируют их смысл, далее будем рассматривать только суффиксальное словообразование.

Слова русского языка традиционно разделяются на ряд лексико-грамматических классов. Приведем основные классы слов и их мнемонические обозначения: существительное (N); прилагательное (A); гла-

гол (V); субстантивированное прилагательное (S); местоимение (M); числительное (C); союз (&); междометие (!); наречие (Y); предлог (F); причастие (W); деепричастие (D).

Обычно в составе слова различают несколько типов морфем: корневые морфемы (корни), префиксы (приставки) и суффиксы (морфемы, стоящие после корня). Основную смысловую нагрузку несет корень, а префиксы и суффиксы выступают в роли модификаторов смысла. Например, в слове *выступающий* можно выделить пять морфем: *вы-ступ-а-ющ-ий*. Здесь морфема *ступ* – корень слова, морфема *вы* – префикс, морфемы *а*, *ющ* и *ий* – суффиксы (суффикс *ий* является грамматическим окончанием).

В процессе функционирования языка в различных контекстных окружениях слова могут приобретать различные формы. Это могут быть, как уже было выше сказано, формы словоизменения и словообразования. Граница между ними условная, и различные авторы устанавливают ее по-разному. Можно, например, считать, что формы склонения существительных и прилагательных, формы спряжения глагола настоящего и будущего времени, формы изменения глаголов прошедшего времени, кратких прилагательных и кратких причастий по родам и числам являются формами словоизменения, а все остальные трансформации слов – формами словообразования. Далее будем придерживаться именно такой позиции. Приведем фрагмент списка окончаний слов (их число составляет 77 различных штук [1]): + а ам ами ась ат атся ... им ими имися имся ись ит ите итеть ится их ихся ишь ишься ... ого ое ой ом ... юсь ют ются юю я ям ями ят ятся ях яя (знак «+» обозначает отсутствие буквенного кода окончания).

Изменения форм слов могут носить различный характер. Они могут быть связаны как с изменением основы слова, так и с изменением его окончания. Изменение буквенного состава основ имеет место, например, в следующих парах форм слов: *сизжу – сидишь, шел – шли, тренировка – тренировок, нес – несли, кто – кого, время – времени, судно – суда, человек – люди*. Изменение грамматических окончаний является основным способом образования различных форм слов при изменении их рода, числа, падежа и лица. В русском языке этот способ словоизменения используется как самостоятельно, так и в сочетании с изменением основ слов.

Суффиксы и префиксы бывают не во всех словах. Например, в слове *переход* есть префикс *пере*, но отсутствуют суффиксы; в слове *ходящий* есть сочетание суффиксов *ящий*, но нет префиксов; а в слове *ход* нет ни суффиксов, ни префиксов, есть только одна корневая морфема – *ход*. В русском языке могут встречаться слова и без формально обозначенной корневой морфемы – слова с так называемой «нулевой» корневой морфемой. Примером тому может служить слово *вынуть*. Здесь буквосочетание *вы* является префиксом, а буквосочетание *нуть* – сочетанием суффиксов (подобно словам *прыг-нуть* и *шаг-нуть*). Корень слова формально отсутствует.

В основу рассматриваемой машинной грамматики положена система флективных классов русских слов, в которой в форме компактной таблицы представлены основные типы словоизменяемых парадигм лексико-грамматических классов русских слов. Эта таблица была построена на базе многолетних широкомасштабных исследований русских научно-технических текстов, выполненных коллективом исследователей под руководством проф. Г.Г. Белоногова в 1960-х годах [1]. В процессе этих исследований было установлено, что по характеру изменения грамматических окончаний (флексий) и по своей синтаксической функции русские слова могут быть разбиты на ряд классов, которые получили название флективных. Флективные классы изменяемых слов выделяются на основе анализа их синтаксической функции и систем падежных, личных и родовых окончаний. Классы неизменяемых слов – только по синтаксической функции. Фрагменты таблицы флективных классов слов приведены в табл. 1.

По своей синтаксической функции изменяемые слова объединены в следующие группы: 1) существительные; 2) прилагательные; 3) глаголы в личной форме; 4) глаголы прошедшего времени, краткие прилагательные и краткие причастия; 5) количественные числительные. Группа «существительные», в свою очередь, разбивается на несколько подгрупп, выделенных по признакам рода и одушевленности (для существительных мужского и женского рода). В каждой группе и подгруппе слова распределены по флективным классам.

Определение принадлежности изменяемого слова к синтаксической группе или подгруппе обычно не вызывает затруднений, так как в основу принятого здесь разделения на группы и подгруппы положена традиционная классификация слов. Следует лишь учитывать, что наряду с полными прилагательными к группе «прилагательные» отнесены также полные причастия, порядковые числительные, субстантивированные прилагательные, а также количественное числительное один. При выделении окончания

Таблица 1. Фрагменты таблицы флективных классов русских слов

№ ФК	Слово-представитель класса и набор грамматических окончаний
Существительные (N)	
001	Телефон – + а у + о м е ы о в а м ы а м и а х
002	Тираж – + а у + о м е и е й а м и а м и а х
.....	
Прилагательные (A)	
103	Главный – ый ого о му ый ым о м ая ой ой ую ой ой ое ого о му ое ым о м ые ых ым ые ыми ых
104	Передний – ий его е му ий им е м яя ей ей юю ей ей ее его е му ее им е м ие их им ие ими их
.....	
Глаголы личной формы (V)	
116	Делать – ю ешь ет е м е те ют*юсь ешься ется емся етесъ ютсъя
117	Строить – ю ишь ит им ите ят*юсь ишься ится имся итесъ ятсъя
.....	

слова возвратные частицы *ся, съ* и внутренний мягкий знак (мягкий знак, стоящий между основой и ненулевым окончанием слова) опускаются.

Некоторые классы существительных мужского и женского рода имеют одинаковые окончания во всех формах, принятых в качестве типичных, хотя другие их формы не совпадают. Иллюстрацией этому могут служить пары слов: *огонь – путь, перебой – санаторий, сосед – врач, нутрия – швея, грань – речь, линия – галерея.*

Наряду с рассмотренными выше способами варьирования форм слов, которые авторы называли способами словоизменения, в практике речевого общения широко используются и способы словообразования. Словообразовательные трансформации слов связаны, прежде всего, с изменением состава их префиксов и суффиксов. При этом может иметь место также чередование гласных и согласных букв в корневых морфемах (например, у пар слов *проводить – проведение, относиться – отношение, убедившийся – убежденный, проношу – пронесли*). Приведем фрагменты перечня наиболее часто встречающихся суффиксов и сочетаний суффиксов: *а/004 а/116 а/152 абельн/103 абельн/126 абельно/152 абельност/055 ... ец/001 ец/011 ец/021 ец/032 ец/057 ечек/060 ечк/060 ечн/103 ... иру/116 ируемот/055 ируй/143 ируй-ся/143 ируйте/143 ируйтесь/143 ирующ/105 ируя/152 ...* Их число составляет 1591 суффикс или сочетаний суффиксов. В этом перечне каждому суффиксу и сочетанию суффиксов поставлен в соответствие номер флективного класса. Это связано с тем, что суффиксы (сочетания суффиксов), имеющие одинаковый буквенный состав, но относящиеся к различным флективным классам (совместимые с различными наборами окончаний), считаются разными. Например, суффиксы «н» в словах *главный* и *отрывной* и суффиксы «ов» в словах *портовый* и *годовой* – разные суффиксы.

Морфологический словоизменительный анализ русских слов

Морфологический словоизменительный анализ – это лингвистическая процедура, предназначенная для определения структуры слов и назначения им грамматических признаков, необходимых для выполнения ряда процедур автоматической обработки текстовой информации, таких, например, как процедуры морфологического синтеза слов, синтаксического анализа текстов, синтаксического синтеза текстов и концептуального анализа. На основе этой процедуры обеспечивается возможность установления смыслового тождества различных форм слов словоизменительной парадигмы. Морфологический словоизменительный синтез предназначен для генерации заранее заданных форм слов словоизменительной парадигмы.

Традиционно процедуры морфологического анализа включали два этапа анализа слов: *точный анализ*, базирующийся на использовании словарей основ слов, и *приближенный анализ*, предназначенный для анализа слов, отсутствующих в словарях [2]. Точный анализ при всех его преимуществах по обеспечению возможности назначения правильных грамматических характеристик слов требовал большого объема памяти и значительного числа итераций при поиске основы анализируемого слова в словаре основ и операции проверки на совместимость найденной основы со списком окончаний. При этом в случае отсутствия в словаре основы анализируемого слова приходилось дополнительно под-

ключать процедуру приближенного анализа. Такие процедуры морфологического анализа не отличались большим быстродействием. Авторы настоящей статьи под руководством проф. Г.Г. Белоногова разработали быстродействующий алгоритм приближенного анализа русских слов, который по точности назначения грамматических признаков не уступал точному анализу, выполняемому по реальному словарю объемом более миллиона слов [1].

Основная идея разработанного авторами алгоритма базировалась на гипотезе утверждавшей, что *в русском языке объективно существует сильная корреляция между конечным буквосочетанием слов и их грамматическими характеристиками*. Реализация этой гипотезы позволила огромные словари словоформ свести в две небольшие грамматические таблицы и применить быстродействующий алгоритм с минимальным числом итераций. Основными грамматическими таблицами являлись: *таблица конечных буквосочетаний слов (таблица КБС)*, предназначенная для обработки слов по методу аналогии, и *словарь служебных и коротких слов (СКС)*, включающий в свой состав «служебные» и короткие слова, словоизменения которых имели аномальные трансформации.

При разработке этих таблиц были проведены исследования больших объемов текстовой информации лингво-статистическими методами с целью выявления всех возможных словоизменительных и словообразовательных трансформаций слов. В результате этих исследований были разработаны эффективные методы сжатия больших словарных ресурсов в компактные грамматические таблицы для процедур анализа и синтеза русских слов. В основу этих методов были положены принципы лингвистической аналогии. Ниже описаны основные грамматические словари и таблицы для словоизменительного анализа слов:

Таблица 2. Фрагменты таблицы КБС

Прямой порядок конечных буквосочетаний	Инверсный порядок конечных буквосочетаний
.....
...абр 01/001/01	рба 01/001/01
....abu 00/145/01	уба 00/145/01
....абуку 01/056/01	ужуба 01/056/01
....абур 01/001/01	руба 01/001/01
....абут 01/056/01	туба 01/056/01
...абы 01/044/01	ыба 01/044/01
....абь 01/056/01	ьба 01/056/01
.....
...авес 01/001/01	сева 01/001/01
....авет 01/126/01	сева 01/001/01
...авеу 01/042/01	уева 01/042/01
....авеци 01/126/01	ицева 01/126/01
....авецим 01/042/01	мцева 01/042/01
..авецине 01/126/01	енцева 01/126/01
.....
..авецироле 01/042/01	елоренцева 01/042/01
...авечу 01/126/01	учева 01/126/01
....авечур 01/042/01	ручева 01/042/01
..авешыбй 01/001/01	йбышева 01/001/01
...авещ 01/042/01	ицева 01/042/01
....авевь 01/053/01	вьева 01/053/01
...авевьд 01/042/01	дьева 01/042/01
.....
...алсы 01/001/01	ысла 01/001/01
...алу 01/056/01	ула 01/056/01
...алуа 01/001/01	аула 01/001/01
...алуб 01/056/01	була 01/056/01
...алубй 01/001/01	йбула 01/001/01
...алуд 01/056/01	дула 01/056/01
.....

Таблица КБС – таблица конечных буквосочетаний слов, предназначенная для установления по конечному буквосочетанию слова его грамматических характеристик: длины окончания, флективного класса и модели управления. Эта таблица создана на основе лингвистического анализа словоизменительных трансформаций более полумиллиона словоформ. В ней представлены основные типы конечных буквосочетаний, позволяющие с высокой вероятностью назначать анализируемым словам основные грамматические характеристики. В машинном представлении этой таблицы прямой порядок следования буквенного состава конечных буквосочетаний преобразован в их обратный порядок следования. Таблица включает 27547 элементов. В табл. 2 приведены фрагменты таблицы КБС в двух представлениях – в прямом и инверсном порядке.

Словарь СКС – словарь «служебных» и коротких слов, включает «служебные» (предлоги, союзы, местоимения и др.), короткие слова (менее пяти букв) и супплетивные формы слов, а также слова, словоизменительные трансформации которых имели аномальные реализации. Объем словаря – 78356 словарных статей. В табл. 3 приведены фрагменты словаря СКС. В нем для каждого исходного слова с назначенной грамматической информацией приведены все формы слов его словоизменительной парадигмы. Строгий позиционный порядок их следования позволяет соотносить эти формы с набором их грамматической информации.

Таблица 3. Фрагменты словаря СКС

Исходная форма	Символ слова	Формы слов словоизменительной парадигмы
люди/01/307/01/1210	–	человек, человека, человеку, человека, человеком, человеке, люди, людей, людям, людей, людьми, людях
меня/00/307/02/1120,1140	N	я, меня, мне, меня, мной, мне, мы, нас, нам, нас, нами, нас
мне/00/307/02/1130,1160	N	я, меня, мне, меня, мной, мне, мы, нас, нам, нас, нами, нас
мы/00/307/02/1210	N	я, меня, мне, меня, мной, мне, мы, нас, нам, нас, нами, нас
нам/00/307/02/1230	N	я, меня, мне, меня, мной, мне, мы, нас, нам, нас, нами, нас
нами/00/307/02/1250	N	я, меня, мне, меня, мной, мне, мы, нас, нам, нас, нами, нас
человек /00/307/02/1210	N	человек, человека, человеку, человека, человеком, человеке, люди, людей, людям, людей, людьми, людях

Таблица ФКГИ – таблица, устанавливающая однозначное соответствие между грамматическими характеристиками слов: буквенным кодом окончаний слов, их флективным классом и грамматическими признаками (родом, числом, падежом и лицом этого слова). Таблица создана путем лингвистического анализа полумиллиона русских слов и представляет собой компактную таблицу объемом 1584 элемента. В табл. 4 приведены фрагменты этой таблицы. В каждой колонке таблицы в строку расположены: буквенный код окончания слова (на первой слева позиции), трехзначный цифровой индекс его флективного класса (на второй слева позиции) и четырехзначный цифровой индекс грамматических признаков слова (рода, числа, падежа лица). Каждая цифра четырехзначного представления грамматических признаков имеет следующее значение:

род: 0 – не определен, 1 – мужской, 2 – женский, 3 – средний;

число: 0 – не определено, 1 – единственное, 2 – множественное;

падеж: 0 – не определен, 1 – именительный, 2 – родительный, 3 – дательный, 4 – винительный, 5 – творительный, 6 – предложный;

лицо: 0 – не определено, 1 – 1-е лицо, 2 – 2-е лицо, 3 – 3-е лицо.

По любым двум грамматическим характеристикам словарной статьи этой таблицы можно однозначно установить третью характеристику. Например, имея информацию о флективном классе слова и окончании, можно однозначно установить набор грамматических признаков: род, число, падеж, лицо.

Обработка слов алгоритмом морфологического словоизменительного анализа выполняется в следующем порядке. Вначале производится поиск анализируемого слова в таблице СКС, и если оно там находится, ему назначается соответствующий набор грамматических признаков найденного слова. Если это слово не было обнаружено в словаре СКС, то производится инверсия его буквенного состава и выполняется поиск на наибольшее совпадение конечного буквосочетания слова с буквосочетанием одного из элементов таблицы КБС. После установления такого буквосочетания анализируемому слову назначаются его грамматические характеристики. Недостающая грамматическая информация устанавливается по таблице ФКГИ. Ниже приведен алгоритм морфологического анализа слов русского языка.

Алгоритм 1 (алгоритм морфологического словоизменительного анализа русских слов).

Шаг 1. Выполняется поиск анализируемого слова на полное его совпадение в словаре СКС. В случае успешного поиска слову назначается грамматическая информация по этому словарю и выполняется переход к шагу 5. В случае отсутствия этого слова в словаре – переход к шагу 2.

Шаг 2. Производится инверсия буквенного состава анализируемого слова и выполняется поиск конечного буквосочетания анализируемого слова на наибольшее совпадение с одним из элементов словаря КБС. Переход к шагу 3.

Таблица 4. Фрагменты таблицы ФКГИ

Соответствие буквенного кода окончаний, флективного класса и грамматических признаков слов (род, число, падеж, лицо)		
.....
+ 001 1110	ей 114 2120	у 002 1130
+ 001 1140	ей 114 2130	у 006 1130
+ 002 1110	ей 114 2150	у 007 1130
+ 002 1140	ей 114 2160	у 010 1130
+ 006 1110	ей 115 2120	у 010 1160
+ 006 1140	ей 115 2130	у 011 1130
+ 007 1110	ей 115 2150	у 014 1130
+ 007 1140	ем 020 1150	у 032 1130
+ 015 1140	ем 025 1150	у 033 1140
+ 015 1220	ем 032 1150	у 037 1130
.....

Примечание: знак «+» обозначает отсутствие окончания.

Таблица 5. Результаты работы морфологического анализа русских слов

Буквенный код исходного слова	Символ класса	Грамматические характеристики слова: длина окончания; флективный класс; модель управления; род, число, падеж, лицо
<i>российская</i>	<i>A</i>	<i>02/106/01/2110</i>
<i>сторона</i>	<i>N</i>	<i>01/056/01/2110</i>
<i>поставила</i>	<i>L</i>	<i>01/125/34/2100</i>
<i>вопрос</i>	<i>N</i>	<i>00/001/01/1110,1140</i>
<i>о</i>	<i>F</i>	<i>00/164/46/0400,0600</i>
<i>неполном</i>	<i>A</i>	<i>02/103/01/1160,3160</i>
<i>исполнении</i>	<i>N</i>	<i>01/073/02/3130</i>
<i>резолюции</i>	<i>N</i>	<i>01/061/01/2120,2130,2160,2210,2240</i>

П р и м е ч а н и е : здесь используются мнемонические обозначения классов слов, приведенные в начале статьи, а для значений цифр четырехзначных представлений грамматических признаков – см. табл. 3.

Шаг 3. Исходной форме анализируемого слова назначаются грамматические характеристики совпавшего элемента словаря КБС: мнемонический символ класса слова, флективный класс, длина окончания и модель управления. Переход к шагу 4.

Шаг 4. На основании информации о флективном классе и буквенном коде окончания слову по словарю ФКГИ дополнительно назначается набор грамматических признаков: род, число, падеж, лицо. Переход к шагу 5.

Шаг 5. Преобразование полученных результатов в структуру метаданных.

В табл. 5 приводятся результаты работы морфологического анализа русских слов.

Морфологический словоизменительный синтез русских слов

Морфологический словоизменительный синтез – это лингвистическая процедура, обеспечивающая возможность автоматической генерации требуемой формы слова словоизменительной парадигмы на основе исходной формы слова и заданного набора грамматической информации. Здесь, казалось бы, напрашивается достаточно простое решение – к текстовой словоизменительной основе нужно присоединить грамматическое окончание, соответствующее заданной грамматической информации. Но, к сожалению, решение этой задачи осложняется тем, что при решении задачи синтеза нужно преодолеть проблему чередования гласных в корневых морфемах и проблему наличия у некоторых слов их супплетивных форм.

Первая проблема была решена путем выявления и анализа основных типов трансформаций в корневых морфемах слов при их словоизменении. В процессе этого анализа были установлены грамматические классы слов, у которых возможны такие трансформации, и были установлены конечные буквосочетания основ, в которых имеются такие трансформации. Этот анализ также показал, что у таких слов (с чередованием в корневой основе) существует два типа основ – канонические и варианты. Под канонической основой понимается та основа, которая характерна для канонических форм слов. Под вариантной формой – та основа, которая характерна для форм слов, отличных от канонической. В таблице соответствия грамматических признаков слов типу основы (ГПТО) указывается, какие формы слов словоизменительной парадигмы содержат каноническую форму основы, а какие – вариантную. В ней для каждого набора грамматической информации (значения цифр наборов информации в этой таблице идентичны обозначениям в табл. 3) буквами *K* и *B* указан тип основы (*K* – каноническая, *B* – вариантная). В табл. 6 приведен фрагмент таблицы ГПТО.

С помощью таблицы списка подстановок (СП) можно определить по флективному классу слова и конечному буквосочетанию основы наличие или отсутствие чередования основы, а также механизм реа-

Таблица 6. Фрагмент таблицы ГПТО

№ ФК	Слово-представитель и наборы грамматических признаков слов, совместимые с типами основ
001	<i>ветер – 1110-K, 1120-B, 1130-B, 1140-K, 1150-B, 1160-B, 1210-B, 1220-B, 1230-B, 1240-B, 1250-B, 1260-B</i>
006	<i>уголок – 1110-K, 1120-B, 1130-B, 1140-K, 1150-B, 1160-B, 1210-B, 1220-B, 1230-B, 1240-B, 1250-B, 1260-B</i>
060	<i>заготовка – 1110-K, 1120-K, 1130-K, 1140-K, 1150-K, 1160-K, 1210-K, 1220-B, 1230-K, 1240-K, 1250-K, 1260-K</i>

лизации трансформации основы при синтезе заданной формы слова. В этой таблице для каждого флективного класса указывается список конечных буквосочетаний основ, которые определяют чередование и механизм его реализации: сколько символов от конца основы нужно отбросить и какие символы нужно присоединить вместо удаленных символов. Ввиду того, что установление типа основы производится по ее инверсному представлению, конечные буквосочетания и подстановки в табл. 7 также представлены в инверсном виде.

Таблица 7. Фрагмент таблицы СП

№ ФК	Номер СП, тип основы, правила подстановок (идентификатор конечных буквосочетаний основы, количество отделяемых букв, заменяемые символы)
001	352_K# <i>цьлав-2, ец/табед-1, т/лсымс-1, л/ртсок-1, ер/ньлек-1, н/ьрыс-0, е/цпищ-1, ц/церт-1, ц/цбуг-1, ц/тпиц-1, ем/ртев-1, ер/рташ-1, ер/рдак-1, п/рвок-1, ер/лпеп-1, ел/мйат-1, м/лзу-1, ел/цса-1, ц/цьл-2, ец/лзу-1, ол/лсу-1, ел/тбе-1, ем/лсы-1, ел/сво-1, ес/лто-1, ел/лхе-1, ол/мйа-2, ем/рзу-1, ор/ньл-2, ен/цр-1, ец/вш-1, ов/цп-1, ец/цн-1, ец/цз-1, ец/цд-1, ец/цв-1, ец/лс-1, ел/цб-1, ец/нс-1, он/</i>
	544_B# <i>ретсок-2, п/лохеч-2, л/тебер-2, т/севор-1, с/севон-1, с/церут-1, ц/севол-1, с/севок-1, с/севод-1, с/севов-1, с/леток-2, л/ретеv-2, п/реташ-2, п/ревок-2, п/лесик-2, л/нелч-1, н/нелт-1, н/нелп-1, н/нело-1, н/нелк-1, н/носо-2, н/носу-2, н/рогу-2, п/сево-2, с/тепиш-1, т/ворк-1, в/воро-1, в/ворт-1, в/воше-1, в/церт-1, ц/дела-1, д/дело-1, д/делп-1, д/делс-1, д/лезу-2, л/церб-1, л/лепм-1, л/церб-1, ц/леса-2, л/логу-2, л/цети-2, ц/нела-1, н/неле-1, н/нели-1, н/цен-2, ц/цел-2, ьц/цеп-2, ц/цер-2, ц/цет-2, ц/цез-2, ц/цев-2, ц/цеб-2, ц/теп-2, т/нел-2, ьн/меа-2, йм/лес-2, л/леп-2, л/дел-2, ьд/вош-2, в/вор-2, в/</i>

Вторая проблема – проблема замены исходных форм слов на их супплетивные формы – решается с помощью словаря СКС. Отличительным признаком супплетивной формы является флективный класс №307. В этом словаре позиционный порядок следования каждой супплетивной формы слова и грамматическая информация исходной формы слова позволяет однозначно соотнести синтезирующую информацию с позицией требуемой супплетивной формы.

Приведем алгоритм морфологического словоизменительного синтеза. На вход этой процедуры подается исходное текстовое слово, результаты его морфологического анализа и набор грамматической информации, задающий синтезируемую форму слова.

Алгоритм 2 (алгоритм морфологического словоизменительного синтеза русских слов).

Шаг 1. По номеру флективного класса устанавливается, имеются ли в словоизменительной парадигме исходного слова супплетивные формы. Если супплетивных форм нет, то переходим к шагу 3. Если супплетивные формы имеются, то определяется, соответствует ли форма исходного слова синтезируемой форме слова. Если соответствует, то переходим к шагу 7. Если не соответствует, то переходим к шагу 2.

Шаг 2. По исходной форме и задающей грамматической информации из словаря СКС выбирается соответствующая форма. Переходим к шагу 7.

Шаг 3. Устанавливается, имеется ли чередование в основе исходного текстового слова. В случае отсутствия чередования переходим к шагу 5. Если имеется чередование, то переходим к шагу 4.

Шаг 4. Если в основе устанавливается факт наличия чередования, то определяется, соответствует ли тип исходного слов типу синтезируемого слова. Если соответствует, то переходим к шагу 6. Если не соответствует, то переходим к шагу 5.

Шаг 5. Если устанавливается, что тип основы исходного слова не соответствует типу основы синтезируемого слова, выполняется изменение конечного буквосочетания исходной основы. После трансформации основы переходим к шагу 6.

Шаг 6. Если установлено, что основа исходного слова соответствует основе синтезируемого слова, то необходимо к словоизменительной основе присоединить требуемое грамматическое окончание. Для этого в соответствии с заданным набором грамматических признаков и на основании информации о флективном классе и буквенном коде основы слова к его концу присоединяется грамматическое окончание, установленное по словарю ФКГИ. Переходим к шагу 7.

Шаг 7. Преобразование полученных результатов в структуру метаданных.

В табл. 8 приводятся результаты работы морфологического синтеза русских слов.

Таблица 8. Результаты работы морфологического словоизменительного синтеза

Буквенный код исходного слова	Символ класса	Грамматическая информация о слове	Грамматическая информация для синтеза слова	Буквенный код синтезируемого слова
<i>российская</i>	<i>A</i>	<i>02/106/01/2110</i>	<i>1120</i>	<i>российского</i>
<i>сторона</i>	<i>N</i>	<i>01/056/01/2110</i>	<i>2130</i>	<i>стороне</i>
<i>поставила</i>	<i>L</i>	<i>01/125/34/2100</i>	<i>1200</i>	<i>поставили</i>
<i>вопрос</i>	<i>N</i>	<i>00/001/01/1110,1140</i>	<i>1250</i>	<i>вопросами</i>
<i>о</i>	<i>F</i>	<i>00/164/46/0400,0600</i>	<i>0000</i>	<i>о</i>
<i>неполном</i>	<i>A</i>	<i>02/103/01/1160,3160</i>	<i>2110</i>	<i>неполная</i>
<i>исполнении</i>	<i>N</i>	<i>01/073/02/3130</i>	<i>3110</i>	<i>исполнение</i>
<i>резолюции</i>	<i>N</i>	<i>01/061/01/2120,2130,2160,2210,2240</i>	<i>2150</i>	<i>резолюцией</i>

Примечание: здесь используются мнемонические обозначения классов слов, приведенные в начале статьи, а для значений цифр четырехзначных представлений грамматических признаков – см. табл. 3.

Морфологический словообразовательный анализ русских слов

Морфологический словообразовательный анализ – это лингвистическая процедура, которая служит для определения структуры слов и назначения им грамматических признаков, необходимых для выполнения различных процедур автоматической обработки текстовой информации, требующих установления смыслового тождества слов на уровне словообразования.

Отметим, что словообразовательный анализ значительно сложнее словоизменительного анализа (который, как правило, является составной частью словообразовательного анализа). При этом также более сложно реализуется процедура словообразовательного синтеза. Для реализации этих процедур существенно расширен состав декларативных средств. В их состав были включены *словари словообразовательных трансформаций слов русского языка и представительные словари основ слов*.

Словарь СоКС – словарь словообразовательных классов слов, создан на основе анализа словообразовательных трансформаций полумиллиона словоизменительных основ слов [3]. В процессе этого анализа были выявлены основные типы словообразовательных трансформаций, зафиксированные в словаре СоКС. Текущая версия словаря СоКС включает 1380 классов. В табл. 9 приведены фрагменты словаря СоКС. Каждому словообразовательному классу поставлено в соответствие слово-представитель класса и перечень суффиксов (сочетаний суффиксов), входящих в состав класса.

На основе словаря СоКС были разработаны другие формы его представления. В частности, был разработан инвертированный словарь словообразовательных классов слов (словарь СоКС_И) [4]. В этом словаре каждому суффиксу (сочетанию суффиксов) поставлены в соответствие списки номеров слово-

Таблица 9. Фрагменты словаря СоКС

№ СоКС	Слово-представитель класса и перечень суффиксов (сочетаний суффиксов) класса
0002	<i>Разброс</i> +*001 +*124 а*116 ав*152 ави*105 авии*152 ай*143 айте*143 ал*125 ан*126 аться*144 анн*103 ать*144
0003	<i>Изрез-анность</i> а*116 ав*152 ави*105 авии*152 ал*125 ан*126 анн*103 аюц*105 анност*055 ать*144
0008	<i>Собир-ательный</i> а*116 ави*105 аем*103 ай*143 айся*143 айте*143 айтесь*143 ал*125 ател*027 ательн*103 ани*073 ать*144 аться*144 ательно*152 ая*152 аясь*152 аюц*105
0036	<i>Обрац-аются</i> +*124 а*116 ави*105 аем*103 аемост*055 ай*143 айся*143 айте*143 айтесь*143 ал*125 аюц*105 ать*144 аться*144 ен*126 ая*132 аясь*152 енност*055 ени*073 ени*103
0039	<i>Замеч-ать</i> +*124 а*116 ави*105 аем*103 ай*143 айте*143 ал*125 аюц*105 ани*073 ать*144 енн*103 ая*152 ен*126

Таблица 10. Фрагменты словаря СоКС_И

Суффикс (сочетание суффиксов)	Перечень СоКС с данным суффиксом (сочетанием суффиксов)
<i>a*116</i>	0002 / 0010 / 0025 / 0050 / 0054 / 0066... 0537 / 0574 / 0576 / 0588 / 0590 / 0607 ... 0848 / 0855 / 0859 / 0860 ... 1039 / 1054 / 1090 / 1101 ... 1332 / 1334
<i>ать*144</i>	0002 / 0010 / 0025 / 0050 / 0054 / 0066... 0537 / 0574 / 0576 / 0588 / 0590 / 0607 ... 0848 / 0855 / 0859 / 0860 ... 1039 / 1054 / 1090 / 1101 ... 1332 / 1334
<i>ец*001</i>	1178 / 1196
<i>ец*011</i>	1195
<i>ец*021</i>	0433 / 0437 / 1183 / 1192 / 1201
<i>ец*032</i>	1174 / 1175 / 1181 / 1182 / 1184 / 1188 / 1190 / 1191 / 1204 / 1213
<i>ец*057</i>	1189
<i>ец*001</i>	1178 / 1196

образовательных классов, в состав которых эти суффиксы входят. Фрагменты словаря СоКС_И представлены в табл. 10. Объем словаря составляет 1564 словарные статьи.

Словарь СОС – словарь словообразовательных основ слов, создан на основе статистического анализа и автоматизированной обработки больших объемов текстов по широкому спектру тематических областей [5, 6]. Словарь содержит все типы словоизменительных и словообразовательных трансформаций и представляет собой словарь словоформ, в которых определены словоизменительные и словообразовательные основы. Общий объем словаря 1,2 млн словоизменительных основ, содержащих 286 тыс. словообразовательных основ русских слов. Этот словарь используется в качестве исходных данных для различных исследований и реализаций процедур анализа текстов.

В табл. 11 приведен фрагмент словаря СОС. Словарь представлен в прямом лексикографическом порядке. В каждой словоформе через знак дефис выделена словообразовательная основа, суффикс (сочетание суффиксов) и грамматическое окончание. При этом каждая словоформа словаря также сопровождается информацией о длине суффикса (сочетаний суффиксов), длине грамматического окончания, номера флективного класса и модели управления.

Обработка слов алгоритмом словообразовательного анализа выполняется в следующем порядке. Вначале в составе слова устанавливается словоизменительная основа, грамматическое окончание и флективный класс слова. Эта задача решается путем использования ранее рассмотренного словоизменительного анализа (см. *Алгоритм 1*). Далее производится поиск на полное совпадение словоизменительной основы анализируемого слова и одной из словоизменительных основ словаря СОС. При положительном совпадении информация словоформы словаря СОС переносится на анализируемое слово. При несовпадении указанных словоизменительных основ необходимо будет выполнить полный цикл словообразовательного анализа. В этом случае на основе информации о словоизменительной основе и номере ее флективного класса необходимо определить в составе анализируемого слова словообразовательную основу и суффикс или их сочетание. Для этого нужно соотнести конечное буквосочетание словоизменительной основы с суффиксом (соче-

Таблица 11. Фрагмент словаря СОС

Буквенный код слов	Грамматическая информация
<i>автомат-изаци-я</i>	05/02/061/2
<i>автомат-изационн-ый</i>	08/02/103/01
<i>автомат-изировавш-ый</i>	09/02/105/24
<i>автомат-изировал-+</i>	08/00/125/24
<i>автомат-изирован-+</i>	08/01/126/01
<i>автомат-изировани-е</i>	09/01/073/24
<i>автомат-изировать-+</i>	09/01/144/24
<i>автомат-изироваться-+</i>	11/01/144/01
<i>автомат-изиру-ет</i>	05/02/116/24
<i>автомат-изируем-ый</i>	07/02/103/5
<i>автомат-изирующ-ий</i>	08/02/105/24
<i>автомат-изируя</i>	06/ 01/152/24
<i>автомат-изм-+</i>	03/ 01/001/2
<i>автомат-изированн-ый</i>	09/02/103/01
<i>автомат-ически-+</i>	06/ 01/152/01
<i>автомат-изованн-ый</i>	07/02/103/01
<i>автомат-ическ-ий</i>	05/ 02/106/01

танием суффиксов) максимальной длины. В случае их удачного соотнесения необходимо проверить по словарю СОС, имеется ли в нем такая словообразовательная основа. Если проверка успешно выполнена, то в анализируемом слове правильно выделена словообразовательная основа и суффикс (сочетание суффиксов). В случае отсутствия в словаре такой основы производится ее приближенное выделение с проверкой на совместимость выделенной основы и суффикса или их сочетаний. Ниже приводится алгоритм морфологического словообразовательного анализа русских слов [1].

Алгоритм 3 (алгоритм морфологического словообразовательного анализа русских слов).

Шаг 1. Выполняется обработка анализируемого слова процедурой морфологического словоизменительного анализа. На основе результата этой обработки определяется словоизменительная основа, флективный класс слова и модель управления слова. Переход к шагу 2.

Шаг 2. Выполняется поиск словоизменительной основы анализируемого слова с установленным флективным классом в словаре СОС. В случае успешного поиска такой основы слову назначается ее словообразовательная грамматическая информация и выполняется переход к шагу 7. В случае неудачного поиска в словаре – переход к шагу 3.

Шаг 3. Выполняется последовательное соотнесение конечного буквосочетания анализируемого слова с суффиксами (сочетаниями суффиксов) словаря СоКС_И. В случае успешного соотнесения конечного буквосочетания переходим к шагу 4. При отсутствии совпадения длина суффикса устанавливается равной нулевому значению. Переход к шагу 6.

Шаг 4. Начальная часть словоизменительной основы анализируемого слова (без совпавшего конечного буквосочетания) сравнивается на полное совпадение со словообразовательными основами словоформ словаря СОС. В случае успешного сравнения начального буквосочетания анализируемого слова с одной из словообразовательных основ словаря СОС вычисляется длина суффикса (сочетания суффиксов). Переход к шагу 6. При неудачном сравнении переходим к шагу 5.

Шаг 5. Производится приближенное установление псевдоосновы и суффикса (сочетаний суффиксов). В случае успешного установления псевдоосновы вычисляется длина суффикса. В случае невозможности ее установления длина суффикса устанавливается равной нулевому значению. Переход к шагу 6.

Шаг 6. Слову назначается словоизменительная информация и дополнительно приписывается к словообразовательной информации вычисленное значение длины суффикса (сочетаний суффиксов). Переход к шагу 7.

Шаг 7. Преобразование полученных результатов в структуру метаданных.

В табл. 12 приводятся результаты работы морфологического анализа русских слов.

Таблица 12. Результаты работы морфологического словообразовательного анализа

Буквенный код исходного слова	Символ класса	Грамматические характеристики слова: длина суффикса и окончания; флективный класс; модель управления; род, число, падеж, лицо
<i>российская</i>	<i>A</i>	<i>03/02/106/01/2110</i>
<i>сторона</i>	<i>N</i>	<i>00/01/056/01/2110</i>
<i>поставила</i>	<i>L</i>	<i>02/01/125/34/2100</i>
<i>вопрос</i>	<i>N</i>	<i>00/00/001/01/1110,1140</i>
<i>о</i>	<i>F</i>	<i>00/00/164/46/0400,0600</i>
<i>неполном</i>	<i>A</i>	<i>00/02/103/01/1160,3160</i>
<i>исполнении</i>	<i>N</i>	<i>03/01/073/02/3130</i>
<i>резолюции</i>	<i>N</i>	<i>00/01/061/01/2120,2130,2160,2210,2240</i>

Примечание: здесь используются мнемонические обозначения классов слов, приведенные в начале статьи, а для значений цифр четырехзначных представлений грамматических признаков – см. табл. 3.

Морфологический словообразовательный синтез русских слов

Морфологический словообразовательный синтез – это лингвистическая процедура, реализующая генерацию требуемой формы слова словообразовательной парадигмы слова на основе информации об исходной форме слова и заданного набора грамматической информации. В общем виде словообразовательный синтез можно представить как процесс определения словообразовательной основы слова и последующего присоединения к ней требуемых суффиксов или их сочетаний с

соответствующим грамматическим окончанием. При этом необходимо отметить, что при словообразовательном синтезе надо разрешить все проблемы, относящиеся к проблемам словоизменительного синтеза, а также решить основную проблему словообразовательного синтеза – получение достоверной информации о совместимости словообразовательной основы и присоединяемого к ней суффикса генерируемой формы слова [7].

Проверку совместимости словообразовательной основы слова и присоединяемых к ней новых суффиксов можно было бы проводить с помощью словаря СОС. Но для этого необходимо иметь всеобъемлющий словарь словообразовательных основ слов, в котором для каждой основы должен быть указан номер ее словообразовательного класса или (в случае омонимии основ) сочетание номеров классов. Поскольку словарь СОС имеет ограниченный размер и из-за этого могут встречаться слова с «новыми» словообразовательными основами, то этим методом можно проверить только случаи содержащихся в имеющемся словаре СОС этих вновь образованных словоизменительных (словообразовательная основа и присоединенный к ней суффикс) основ путем поиска совпавших словоизменительных основ слов словаря. Если сформированная словоизменительная основа содержится в словаре словоизменительных основ, то это означает, что она правильная, а словообразовательная основа и присоединенный к ней суффикс (сочетания суффиксов) совместимы. Если не содержится – то эта словоизменительная основа вероятно либо неправильная, либо в словаре СОС такая словоизменительная основа отсутствует.

Для таких случаев использовался другой метод проверки, базирующийся на следующей гипотезе: *если два суффикса или их сочетания входят в один или несколько словообразовательных классов, то считается, что эти суффиксы или их сочетания с большой вероятностью принадлежат одной словообразовательной парадигме и словообразовательная основа синтезируемого слова и присоединяемый суффикс (сочетание суффиксов) совместимы.* На основе совместного применения этих двух методов был построен приведенный ниже алгоритм морфологического словообразовательного синтеза русских слов. На вход этой процедуры подается исходное текстовое слово, результаты его морфологического анализа и набор грамматической информации, задающий синтезируемую форму слова.

Алгоритм 4 (алгоритм морфологического словообразовательного синтеза русских слов).

Шаг 1. Выполняется обработка анализируемого слова процедурой морфологического словообразовательного анализа (см. **Алгоритм 3**). В результате такой обработки определяется длина суффиксов (сочетаний суффиксов) и длина грамматического окончания, флективный класс слова, а также набор его грамматических признаков. Если длина суффиксов (сочетаний суффиксов) имеет нулевое значение – переход к шагу 6. Если ненулевое – переход к шагу 2.

Шаг 2. Выполняется отделение суффикса или сочетаний от словообразовательной основы анализируемого слова и присоединение к ней синтезирующего суффикса (сочетания суффиксов). Переход к шагу 3.

Шаг 3. Выполняется поиск в словаре СОС вновь образованной основы со словоизменительными основами словаря. В случае успешного сопоставления этих основ – переход к шагу 6. При неудачном сравнении – переход к шагу 4.

Шаг 4. Осуществляется проверка по словарю СоКС_И на принадлежность суффиксов (сочетания суффиксов) анализируемого слова и словоформы с совпавшей словообразовательной основой словаря СОС одному или нескольким словообразовательных классам. В случае удачной проверки – переход к шагу 6. При неудачной проверке – переход к шагу 5.

Шаг 5. При неудачной проверке устанавливается нулевое значение длины суффикса. Переход к шагу 6.

Шаг 6. К полученной словоизменительной основе присоединяется синтезирующее грамматическое окончание. Переход к шагу 7.

Шаг 7. Преобразование полученных результатов в структуру метаданных.

В табл. 13 приводятся результаты работы морфологического анализа русских слов.

Таблица 13. Результаты работы морфологического словообразовательного анализа

Буквенный код исходного слова	Символ класса	Грамматическая информация о слове	Грамматическая информация для синтеза слова	Буквенный код синтезируемого слова
<i>российская</i>	<i>A</i>	<i>03/02/106/2110</i>	<i>N/2150</i>	<i>россией</i>
<i>сторона</i>	<i>N</i>	<i>00/01/056/2110</i>	<i>N/2110</i>	<i>стороной</i>
<i>поставила</i>	<i>L</i>	<i>02/01/125/2100</i>	<i>A/1120</i>	<i>поставленного</i>
<i>вопрос</i>	<i>N</i>	<i>00/001/1110,1140</i>	<i>N/1250</i>	<i>вопросами</i>
<i>о</i>	<i>F</i>	<i>00/00/164/0400,0600</i>	<i>F/0000</i>	<i>о</i>
<i>неполном</i>	<i>A</i>	<i>01/02/103/1160,3160</i>	<i>K/2100</i>	<i>неполна</i>
<i>исполнении</i>	<i>N</i>	<i>03/02/106/2110</i>	<i>I/0000</i>	<i>исполнить</i>
<i>резолюции</i>	<i>N</i>	<i>00/01/073/3130</i>	<i>N/2250</i>	<i>резолюциями</i>

Примечание: здесь используются мнемонические обозначения классов слов, приведенные в начале статьи, а для значений цифр четырехзначных представлений грамматических признаков – см. табл. 3.

Нормализация русских слов

Нормализация русских слов – это лингвистическая процедура, предназначенная для отождествления множества различных форм слов словоизменительной или словообразовательной парадигм путем их сведения в одну нормализованную каноническую форму слова [8]. При этом процедуру отождествления слов можно свести к отождествлению их канонических форм. Но при отождествлении слов возможен и другой подход, заключающийся в том, что текстовая форма анализируемого слова заменяется средствами морфологического синтеза на множество эквивалентных ей по смыслу нормализованных словообразовательных вариантов, а текстовая форма другого слова нормализуется только на уровне словоизменения. Затем эта форма второго слова сравнивается со всеми нормализованными словообразовательными вариантами первого и в случае совпадения с одним из них она считается эквивалентной по смыслу первому слову.

Обычно под нормализованной (канонической) формой слова понимается такая форма, которая традиционно указывается в словарях. Например, для существительного это форма именительного падежа единственного или (в случае *pluralia tantum*) множественного числа, для глагола – форма инфинитива, для прилагательного – форма именительного падежа единственного числа мужского рода.

Как уже выше было сказано, в рамках используемой теоретической концепции необходимо различать два уровня нормализации: на уровне словоизменения и на уровне словообразования. При нормализации слов на словоизменительном уровне каноническая форма слова должна представлять всю его словоизменительную парадигму. Например, в словоизменительной парадигме *телефон, телефона, телефону, телефоном, телефоне, телефоны, телефонов, телефонам, телефонами, телефонах* в качестве канонической формы можно представить член этой парадигмы «*телефон*». При нормализации слов на словообразовательном уровне каноническая форма слова должна представлять по возможности всю его словообразовательную парадигму. Например, тождественные или близкие по смыслу формы слов – *испытывают, испытал, испытывавший, испытай, испытайте, испытал, испытан, испытание, испытанный, испытать, испытывавший, испытываемый, испытывают, испытывай, испытывайте, испытывать, испытывал*, принадлежащие к различным частям речи, могут быть заменены на одну форму отглагольного существительного «*испытание*». А формы слов *замолчит, замолчав, замолчавши, замолчавший, замолчал, замолчать, замолчи, замолчите* – на одну форму инфинитива «*замолчать*» (в составе словообразовательной парадигмы нет отглагольного существительного).

Выбор канонической формы слова, представляющей множество его словообразовательных вариантов, имеющих примерно одинаковый смысл, должен производиться с учетом системы словообразования русского языка. По аналогии с канонической формой слова, представляющей множество его словоизменительных вариантов, для представления множества членов словообразовательной парадигмы можно также ввести свою каноническую форму. Здесь можно предложить следующее правило – в качестве канонической формы словообразовательной парадигмы могут выступать следующие классы слов в порядке уменьшения их приоритетов: существительное, если оно является членом парадигмы или (если нет существительного), то инфинитив. В тех случаях, когда в составе парадигмы нет ни существительного,

ни инфинитива, то в качестве канонической формы может выступать прилагательное. Если и прилагательного нет, то любая другая заранее заданная форма [7].

Переход от вариантной словообразовательной формы слова к его канонической форме можно представить себе, как замену суффикса или сочетания суффиксов вариантной формы на суффикс (сочетание суффиксов) канонической формы. Для этого необходимо уметь выделять в слове его словообразовательную основу и суффиксы, иметь ассоциативный словарь суффиксов, в котором для каждого суффикса (сочетания суффиксов) будет указан один или несколько вариантов его замены на суффикс или на сочетание суффиксов соответствующей канонической формы, и иметь процедуру проверки правильности такой замены (проверки совместимости словообразовательной основы слова и присоединенных к ней суффикса или сочетания суффиксов).

Процедуру нормализации нужно рассматривать как реализацию частного случая процедур словоизменительного или словообразовательного синтеза, когда для каждого лексико-грамматического класса задается заранее установленная нормальная форма слова. Процедуре нормализации обязательно должна предшествовать процедура морфологического анализа, в результате которой определяется структура слова и назначается набор грамматических признаков. В процессе нормализации слов на словоизменительном уровне производится, как правило, замена текстового окончания на нормализующее, при этом в некоторых случаях требуется трансформация конечного буквосочетания основы слова. На словообразовательном уровне производится словообразовательная трансформация вариантной формы слова в каноническую. В табл. 14 приведены результаты работы процедуры нормализации русских слов.

Таблица 14. Результаты работы процедуры нормализации русских слов

Буквенный код исходного слова	Символ класса исходного слова	Грамматическая информация о слове	Буквенный код нормализованного слова	Символ класса нормализованного слова
Нормализация на уровне словоизменения				
<i>российская</i>	<i>A</i>	<i>02/106/2110</i>	<i>российский</i>	<i>A</i>
<i>сторона</i>	<i>N</i>	<i>01/056/2110</i>	<i>сторона</i>	<i>N</i>
<i>поставила</i>	<i>L</i>	<i>01/125/2100</i>	<i>поставил</i>	<i>L</i>
<i>вопрос</i>	<i>N</i>	<i>00/001/1110,1140</i>	<i>вопрос</i>	<i>N</i>
<i>о</i>	<i>F</i>	<i>00/164/0400,0600</i>	<i>о</i>	<i>F</i>
<i>неполном</i>	<i>A</i>	<i>02/103/1160,3160</i>	<i>неполный</i>	<i>A</i>
<i>исполнении</i>	<i>N</i>	<i>01/073/3130</i>	<i>исполнение</i>	<i>N</i>
Нормализация на уровне словообразования				
<i>российская</i>	<i>A</i>	<i>03/02/106/2110</i>	<i>россия</i>	<i>N</i>
<i>сторона</i>	<i>N</i>	<i>00/01/056/2110</i>	<i>сторона</i>	<i>N</i>
<i>поставила</i>	<i>L</i>	<i>02/01/125/2100</i>	<i>поставить</i>	<i>I</i>
<i>вопрос</i>	<i>N</i>	<i>00/001/1110,1140</i>	<i>вопрос</i>	<i>N</i>
<i>о</i>	<i>F</i>	<i>00/00/164/0400,0600</i>	<i>о</i>	<i>F</i>
<i>неполном</i>	<i>A</i>	<i>01/02/103/1160,3160</i>	<i>неполный</i>	<i>A</i>
<i>исполнении</i>	<i>N</i>	<i>03/02/106/2110</i>	<i>исполнение</i>	<i>N</i>
<i>резолюции</i>	<i>N</i>	<i>00/01/073/3130</i>	<i>резолюция</i>	<i>N</i>

Примечание: здесь используются мнемонические обозначения классов слов, приведенные в начале статьи, а для значений цифр четырехзначных представлений грамматических признаков – см. табл. 3.

Программная реализация машинной грамматики русского языка

На базе разработанных алгоритмов и декларативных средств был создан программный модуль машинной грамматики русского языка. Общая архитектурная схема модуля представлена на рисунке.

Анализ функционирования этого модуля в промышленном режиме показал, что словоизменительный анализ и синтез обеспечивают высокое быстродействие, а вероятность правильного назначения информации составляет 99,5%. Словообразовательный анализ и синтез показывают на порядок меньшее быстродействие, вероятность правильного назначения информации не превышает 88%. Автоматическая нормализация слов на уровне словоизменения и словообразования по быстродействию и точности назначения грамматической информации соответствует быстродействию и точности процедур словоизменительного и словообразовательного анализа.

- Подводя итоги рассмотрения процесса создания программных и декларативных средств машинной грамматики, хотелось бы еще раз подчеркнуть важность основополагающих принципов, методов и средств, положенных в основу формализации грамматики русского языка. К ним можно отнести следующие:

1. Таблица флективных классов, разработанная проф. Г.Г. Белоноговым в конце 1960-х годов. Эта таблица позволила представить все многообразие словоизменения русского языка в компактном виде. В основу этой таблицы были положены основные типы словоизменения русских слов, которых, как оказалось, очень немного [1].

2. Словарь словообразовательных классов русского языка, включающий в структурированном виде все основные трансформации русских слов [3].

3. Использование принципа лингвистической аналогии, которое позволило выявить и реализовать трансформационные закономерности словоизменения и словообразования, многократно сократить объемы словарей и грамматических таблиц, а также успешно решить задачи, не поддающиеся решению алгоритмическими методами [9].

4. Созданный комплекс декларативных средств машинной грамматики полностью покрывает все возможные реализации по автоматическому определению структуры слов, установлению их грамматических характеристик, а также средств установления смыслового тождества между членами одной словоизменительной и словообразовательной парадигмы.

5. Широкое использование средств автоматизации при формировании декларативных средств позволило в сотни раз сократить трудозатраты и существенно повысить качество созданных словарных ресурсов.

6. Разработанные программные средства базируются на уникальных алгоритмах, обеспечивающих их быстродействие и высокое качество обработки текстовой информации.

Разработанные на основе описанных принципов и методов программные и декларативные средства машинной грамматики русского языка в различных вариантах реализаций доказали их эффективностью и в настоящее время используются в ряде промышленных информационных систем для решения многих достаточно сложных задач автоматической обработки и смыслового анализа текстовой информации [10].

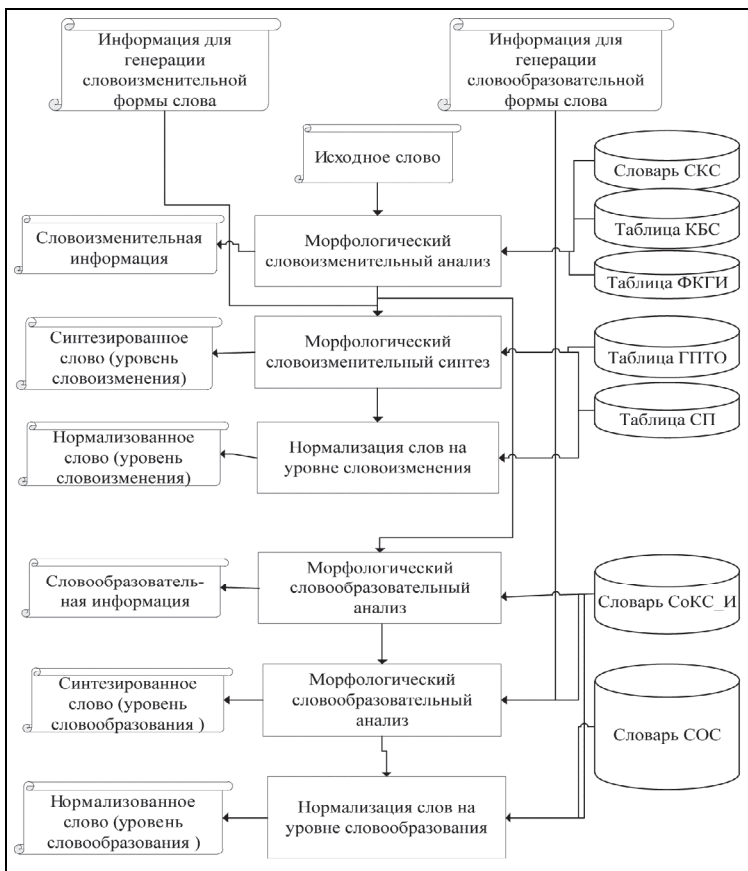


Схема информационно-технологической архитектуры модуля машинной грамматики русского языка

Литература

1. Белоногов Г.Г., Калинин Ю.П., Хорошилов Ал-др А., Хорошилов Ал-сей А. Компьютерная лингвистика и перспективные информационные технологии // Научно-техническая информация. Сер. 2. 2004. № 8. С. 22–32.
2. Белоногов Г.Г., Калинин Ю.П., Поздняк М.В., Хорошилов А.А. Алгоритм многоступенчатого морфологического анализа русских слов // Научно-техническая информация. Сер. 2. 1983. № 7. С. 6–10.
3. Белоногов Г.Г., Кузнецов Б.А., Новоселов А.П., Хорошилов А.А. и др. Приложение 2. Словообразовательные классы слов. Автоматизированная обработка научно-технической информации // Итоги науки и техники. Сер. «Информатика». М.: ВИНТИ. 1984. С. 163–296.
4. Белоногов Г.Г., Калинин Ю.П., Поздняк М.В., Хорошилов А.А., Яфаева Г.М. Инвертированный словарь словообразовательных классов слов. М.: ВИНТИ. 1983. 88 с.
5. Старовойтов А.В., Поштаев О.Н., Прохоров С.Н., Хорошилов А.А. Методы автоматизированного составления и ведения словарей // Сб. «Информатизация и связь». Центр информационных технологий и систем органов исполнительной власти. 2013. № 3. С. 91–97.

6. Белоногов Г.Г., Зеленков Ю.Г., Кузнецов Б.А., Новоселов А.П., Панова Н.С., Рыжова Е.Ю., Хорошилов А.А., Штурман Я.П. Машинный политематический словарь основ слов // Научно-техническая информация. Сер. 2. 1988. № 9. С. 26–29.
7. Белоногов Г.Г., Гиляревский Р.С., Хорошилов А.А., Хорошилов А.А. (мл.) Автоматическое распознавание смыслового тождества и смысловой близости русских слов на основе их словообразовательного анализа и синтеза // Научно-техническая информация. Сер. 2. Информационные процессы и системы (Всерос. институт научной и технической информации РАН). 2003. № 1. С. 30–33.
8. Новоселов А.П., Хорошилов А.А., Хорошилов А.А. и др. Алгоритм автоматической нормализации слов // Вопросы информационной теории и практики. М.: ВИНТИ. 1985. № 53. С. 67–71.
9. Белоногов Г.Г., Зеленков Ю.Г., Новоселов А.П., Хорошилов Ал-др А., Хорошилов Ал-сей А. Метод аналогии в компьютерной лингвистике // Научно-техническая информация. Сер. 2. 2000. № 1. С. 21–31.
10. Белоногов Г.Г., Гиляревский Р.С., Селедков С.Н., Хорошилов А.А. О путях повышения качества поиска текстовой информации в системе Интернет // Научно-техническая информация. Сер. 2. Информационные процессы и системы (Всерос. институт научной и технической информации РАН). 2013. № 8. С. 15–22.

Поступила 18 июля 2017 г.

Machine grammar of the Russian language

© Authors, 2017
© Radiotekhnika, 2017

V.I. Budzko – Dr. Sc. (Eng.), Professor, Deputy Director of FRC «Computer Science and Control» RAS (Moscow)
Yu.P. Kalinin – Dr. Sc. (Eng.), Professor, Leading Research Scientist, FRC «Computer Science and Control» RAS (Moscow)
E.B. Kozerenko – Ph. D. (Philol.), Head of Laboratory, FRC «Computer Science and Control» RAS (Moscow)
A.A. Khoroshilov – Dr. Sc. (Eng.), Leading Research Scientist, Institute of Informatics Problems of FRC CSC RAS (Moscow); Professor, Moscow Aviation Institute (National Research University)
 E-mail: khoroshilov@mail.ru
A.A. Khoroshilov – Ph. D. (Eng.), Research Scientist, Institute of Informatics Problems of FRC CSC RAS (Moscow)
 E-mail: alex_khoroshilov@mail.ru

The principles and methods for creating program and declarative means of machine grammar of the Russian language are considered. The software was based on original algorithms developed by the scientific team of the staff of the Federal Research Center "Informatics and Management" of the Russian Academy of Sciences (FIC IU RAS). Declarative means, which are a complex of dictionaries and grammatical tables in machine form, were created on the basis of large-scale studies of large volumes of polytypical textual information (measured in tens of millions of words) by linguistic-statistical methods. The complex of declarative means includes grammatical tables and machine dictionaries, including the main types of inflectional and derivational transformations, as well as representative dictionaries of the foundations of words. It is shown that the program and declarative tools of the computer grammar of the Russian language developed on the basis of the described principles and methods have proved their effectiveness and are now used in a number of industrial information systems to solve many complex problems of automatic processing and semantic analysis of textual information.

References

1. Belonogov G.G., Kalinin Yu.P., Xoroshilov Al-dr A., Xoroshilov Al-sej A. Komp'yuternaya lingvistika i perspektivny'e informacziorny'e tekhnologii // Nauchno-texnicheskaya informacziya. Ser. 2. 2004. № 8. S. 22–32.
2. Belonogov G.G., Kalinin Yu.P., Pozdnyak M.V., Xoroshilov A.A. Algoritm mnogostupenchatogo morfologicheskogo analiza russkix slov // Nauchno-texnicheskaya informacziya. Ser. 2. 1983. № 7. S. 6–10.
3. Belonogov G.G., Kuznecov B.A., Novoselov A.P., Xoroshilov A.A. i dr. Prilozhenie 2. Slovoobrazovatel'ny'e klassy' slov. Avtomatizirovannaya obrabotka nauchno-texnicheskoj informaczii // Itogi nauki i tekhniki. Ser. «Informatika». M.: VINITI. 1984. S. 163–296.
4. Belonogov G.G., Kalinin Yu.P., Pozdnyak M.V., Xoroshilov A.A., Yafaeva G.M. Invertirovannyj slovar' slovoobrazovatel'ny'x klassov slov. M.: VINITI. 1983. 88 s.
5. Starovojtov A.V., Poshataev O.N., Proxorov S.N., Xoroshilov A.A. Metody' avtomatizirovannogo sostavleniya i vedeniya slovarej // Sb. «Informatizacziya i svyaz'». Czentr informacziorny'x tekhnologij i sistem organov ispolnitel'noj vlasti. 2013. № 3. S. 91–97.
6. Belonogov G.G., Zelenkov Yu.G., Kuznecov B.A., Novoselov A.P., Panova N.S., Ry'zhova E.Yu., Xoroshilov A.A., Shturman Ya.P. Mashinnyj politematicheskij slovar' osnov slov // Nauchno-texnicheskaya informacziya. Ser. 2. 1988. № 9. S. 26–29.
7. Belonogov G.G., Gilyarevskij R.S., Xoroshilov A.A., Xoroshilov A.A. (мл.) Avtomaticheskoe raspoznavanie smy'sloвого тождества i smy'slovoj близости russkix slov na osnove ix slovoobrazovatel'nogo analiza i sinteza // Nauchno-texnicheskaya informacziya. Ser. 2. Informacziorny'e processy' i sistemy'. Vseros. institut nauchnoj i texnicheskoj informaczii RAN. 2003. № 1. S. 30–33.
8. Novoselov A.P., Xoroshilov A.A., Xoroshilov A.A. i dr. Algoritm avtomaticheskoy normalizaczii slov // Voprosy' informacziornoj teorii i praktiki. M.: VINITI. 1985. № 53. S. 67–71.
9. Belonogov G.G., Zelenkov Yu.G., Novoselov A.P., Xoroshilov Al-dr A., Xoroshilov Al-sej A. Metod analogii v komp'yuternoj lingvistike // Nauchno-texnicheskaya informacziya. Ser. 2. 2000. № 1. S. 21–31.
10. Belonogov G.G., Gilyarevskij R.S., Seledkov S.N., Xoroshilov A.A. O putyax povыsheniya kachestva poiska tekstovoj informaczii v sisteme Internet // Nauchno-texnicheskaya informacziya. Ser. 2. Informacziorny'e processy' i sistemy'. Vseros. institut nauchnoj i texnicheskoj informaczii RAN. 2013. № 8. S. 15–22.

Алгебраический подход к подготовке данных для вывода ассоциативных правил

© Авторы, 2017

© ООО «Издательство «Радиотехника», 2017

В.И. Мунерман – к.т.н., доцент, кафедра информатики, Смоленский государственный университет (СмоЛГУ)
E-mail: vimoop@gmail.com

Рассмотрен подход к разработке параллельного программного обеспечения для вывода ассоциативных правил. Показано, как это можно реализовать на основе теоретико-множественной (файловой) и многомерно-матричной моделей данных. Приведены результаты вычислительного эксперимента.

Ключевые слова: ассоциативные правила, параллельное программирование, big data.

The approach to developing parallel software for deriving associative rules is considered in the article. It is shown how this can be realized on the basis of set-theoretic (file) and multidimensional-matrix data models. The results of the computational experiment are presented.

Keywords: associative rules, parallel programming, big data.

Ц е л ь р а б о т ы – рассмотреть два метода повышения эффективности обработки данных при решении задач вывода ассоциативных правил. В отличие от большинства работ в этой области, в которых предлагаются методы улучшения запросов конечных пользователей, занимающихся анализом данных, здесь речь идет о методах, ориентированных на программиста-разработчика аналитических информационных систем.

Ассоциативные правила в настоящее время превратились в мощный инструмент аналитических информационных систем. Поскольку в основе любых информационных систем лежат базы данных (БД), весьма актуально направление, связанное с реализацией алгоритмов интеллектуального анализа на языках манипулирования данными. В большинстве современных СУБД эти языки, подобные Transact SQL или PL/SQL, приобрели основные черты процедурно-ориентированных языков программирования. Запросы к БД записываются на этих языках как программы, содержащие переменные разных типов и операторы управления. Программы запросов оформляются в виде хранимых процедур, которые транслируются и поэтому выполняются значительно быстрее, чем интерпретируемые запросы. Кроме того, большинство современных СУБД оптимизируют и распараллеливают SQL-запросы, поэтому реализации вывода ассоциативных правил средствами СУБД посвящено достаточно много исследований, например, [1–6].

В общем виде задача вывода ассоциативных правил выглядит следующим образом. Имеется множество объектов $I = \{i_1, \dots, i_n\}$ и множество свойств $P = \{p_1, \dots, p_s\}$. Каждому объекту из I соответствует некоторое непустое подмножество свойств из P . Вывод ассоциативных правил состоит из д в у х э т а п о в : на п е р в о м э т а п е для каждого подмножества свойств определяется число объектов, которые обладают всеми свойствами этого подмножества и только этими свойствами; на в т о р о м э т а п е на основе полученных статистических данных и требований пользователя-аналитика выводятся сами ассоциативные правила.

В статье рассматривается только первый этап, который можно определить как *этап подготовки данных*. Этот этап имеет высокую, как правило, экспоненциальную вычислительную сложность. Повышение эффективности алгоритмов вывода ассоциативных правил достигается за счет распараллеливания известных алгоритмов, например, алгоритма Apriori [7]. Другой метод повышения эффективности алгоритмов состоит в использовании параллелизмов, реализованных в СУБД [8]. Эти способы хороши для оптимизации запросов конечных пользователей, но они могут не учитывать всех возможностей вычислительных систем, на которых эти пользователи решают свои задачи. Для того чтобы в конкретных организациях эти задачи решались эффективно, разрабатываются индивидуальные аналитические информационные системы. В этом случае программист-разработчик имеет возможность добиваться высокой эффективности за счет построения программно-аппаратного комплекса, ориентированного на конкретный класс задач. Далее рассматриваются методы достижения этой цели, основанные на теоретико-множественной (файловой) и многомерно-матричной моделях данных. Обе эти модели изоморфны реляционной модели данных.

Известны различные варианты реализации алгоритма Apriori средствами языка SQL [8, 9]. В дальнейшем рассматривается реализация, основанная на построении на каждой итерации промежуточной таблицы, которая используется на следующей итерации.

База данных для решения задачи вывода ассоциативных правил, как правило, содержит следующий набор таблиц:

$R_0(I, P_1)$ – исходные данные, каждая строка содержит идентификатор объекта и одно из его свойств;

$CopyR_0(I, P_1)$ – копия таблицы R_0 , она не обязательна и может использоваться для ускорения процесса обработки данных;

$R_1(I, P_1, P_2), \dots, R_{k-1}(I, P_1, \dots, P_k)$ – таблицы, получаемые на итерациях и содержащие данные для вывода ассоциативных правил на очередной итерации и используемые на следующей итерации как исходные данные.

Запрос, исполняемый на l -й итерации, имеет следующий общий вид:

```
Ql = INSERT INTO Rl(I, P1, ..., Pl+1)
      SELECT Rl-1.I, Rl-1.P1, ..., Rl-1.Pl, R0.P1 AS Pl+1
      FROM Rl-1 INNER JOIN R0 [на итерации 1 – CopyR0]
      ON Rl-1.I = R0.I AND π(Rl-1.I, Rl-1.P1, ..., Rl-1.Pl, R0.P)
```

где $\pi(R_{l-1}.I, R_{l-1}.P_1, \dots, R_{l-1}.P_l, R_0.P)$ – предикат, запрещающий дублирование комбинаций свойств.

Таким образом, если для построения ассоциативных правил необходимо знать количества всех объектов, содержащих комбинации свойств от одного до $k \leq s$, выполняются запросы Q_1, \dots, Q_{k-1} . Из таблиц R_0, \dots, R_{k-1} , исходной и полученных в результате запросов, на втором этапе выводятся ассоциативные правила.

Ускорение подготовки данных возможно за счет того, что современные СУБД имеют возможность параллельного выполнения запросов, в том числе и запросов, содержащих операцию JOIN. Файловая модель данных обеспечивает возможность применения симметричного горизонтального распределения [10] таблицы R_0 по ключу I между несколькими БД, расположенными на физически разных серверах. Это усилит эффект ускорения за счет существенного, практически кратного числу серверов уменьшения объемов фрагментов таблиц R_0, \dots, R_{k-1} . Кроме того, дополнительного эффекта можно достигнуть за счет применения конвейерного метода для цепочки операций JOIN, которые реализуют вычисления на итерациях [11]. Это потребует дополнительных усилий программиста-разработчика, но обеспечит существенное ускорение этапа подготовки данных, особенно в сочетании с симметричным горизонтальным распределением таблицы R_0 .

Применение многомерно-матричной модели позволяет существенно улучшить временные характеристики этапа подготовки данных. Если номера объектов и свойств использовать в качестве индексов, то исходные данные в этой модели – матрица $\mathbf{M}_0 = (m_{ij}^0)$, $i = 1, \dots, n$, $j = 1, \dots, s$. При условии, что $m_{ij}^0 = 1$, если объект I_i обладает свойством P_j , и 0 в противном случае, матрица \mathbf{M}_0 взаимно однозначно соответствует таблице R_0 . Операции JOIN в алгебре многомерных матриц соответствует операция (λ, μ) -свернутого произведения, которая позволяет умножать матрицы с произвольным числом измерений, получая многомерные матрицы. В рассматриваемом случае на первой итерации вычисляется трехмерная матрица $\mathbf{M}_1 = {}^{0,1}(\mathbf{M}_0 \times \mathbf{M}_0) = (m_{ijj}^1)$, $i = 1, \dots, n$, $j = 1, \dots, s$, где $m_{ijj}^1 = m_{ij}^0 \times m_{ij}^0$, и двумерная матрица

$\mathbf{T}_1 = {}^{1,0}(\mathbf{M}_0 \times \mathbf{M}_0) = (t_{jj}^1)$, $j = 1, \dots, s$, где $t_{jj}^1 = \sum_{i=1}^n m_{ij}^0 \times m_{ij}^0$. Матрица \mathbf{T}_1 также может быть получена из матрицы \mathbf{M}_1 операцией свертки, однако обе матрицы можно вычислять одновременно. На l -й итерации

вычисляются $(l+1)$ -мерная матрица $\mathbf{M}_l = {}^{0,1}(\mathbf{M}_{l-1} \times \mathbf{M}_0) = (m_{i\underbrace{j\dots j}_l}^l)$, $m_{i\underbrace{j\dots j}_l}^l = m_{i\underbrace{j\dots j}_{l-1}}^{l-1} \times m_{ij}^0$, которая будет ис-

пользована на следующей итерации, и матрица $\mathbf{T}_l = {}^{1,0}(\mathbf{M}_{l-1} \times \mathbf{M}_0) = (t_{i\underbrace{j\dots j}_l}^l)$, $t_{i\underbrace{j\dots j}_l}^l = \sum_{i=1}^n m_{i\underbrace{j\dots j}_{l-1}}^{l-1} \times m_{ij}^0$, которая

будет использована для вывода ассоциативных правил. Так же, как и при использовании реляционной модели для получения всех возможных комбинаций свойств от 1 до k , необходимо выполнить k итераций. На последней итерации нет необходимости в построении матрицы \mathbf{M}_k .

Для ускорения решения задачи вывода ассоциативных правил можно использовать параллельный алгоритм умножения многомерных матриц [12]. Кроме того, симметричное горизонтальное распределение в данном случае применимо для реализации рассматриваемой задачи в многомерно-матричной модели данных.

Для оценки рассмотренных в статье методов был проведен вычислительный эксперимент. Анализу были подвергнуты три алгоритма вывода ассоциативных правил:

1) алгоритм Apriori, взятый из пакета «Apriori 1.1.1», который находится в центральном репозитории модулей языка Python – Python Package Index [13];

2) алгоритм, реализованный средствами СУБД Microsoft SQL Server 2016 (на основе операции JOIN);

3) алгоритм на основе умножения многомерных матриц.

Программное обеспечение разрабатывалось в Microsoft Visual Studio 2017. Для алгоритма 1 исходные данные преобразовывались из текстового файла в списковую структуру в оперативной памяти, необходимую для работы алгоритма. Для алгоритма 2 исходные данные располагались в таблице R_0 , а подготовка к работе заключалась в удалении всех строк из промежуточных и результирующих таблиц. Для алгоритма 3 исходные данные преобразовывались из таблицы R_0 в матрицу M_0 в оперативной памяти. Программа подготовки данных и вызова алгоритма 1 написана на языке Python. Алгоритм 2 реализован хранимыми процедурами, написанными на языке Transact SQL и вызываемыми из программы, написанной на языке C#. Алгоритм 3 реализован как процедура динамической библиотеки на языке C++, подготовка данных для которой и ее вызов осуществляются программой на языке C#.

Эксперимент производился на исходном наборе данных, содержащем миллион объектов, каждому из которых соответствовал набор от одного до пяти свойств. Таблица R_0 в этом случае содержала 2499677 строк. При обработке этих данных алгоритмы показали следующие результаты: алгоритм 1 – 37 с; алгоритм 2 – 30 с; алгоритм 3 – 12 с.

Для алгоритмов 2 и 3 было выполнено симметричное горизонтальное распределение данных между четырьмя серверами для алгоритма 2 и таким же числом потоков для алгоритма 3. Число строк в фрагментах таблицы R_0 незначительно отличалось от 625000 в обе стороны. С учетом времени распределения и сбора результатов были получены следующие итоги: алгоритм 2 – 14 с; алгоритм 3 – 4 с.

При распределении вычислений по алгоритму 3 по восьми потокам общее время выполнения не превысило полутора секунд.

- Их полученных результатов следует, что в том случае, когда объемы данных настолько велики, что их невозможно разместить в оперативной памяти, целесообразно использовать алгоритмы, подобные алгоритму 2. Время решения задачи вывода ассоциативных правил таким способом сопоставимо со временем широко используемых в настоящее время алгоритмов типа алгоритма Apriori, а при использовании симметричного горизонтального распределения данных – существенно меньше.

При возможности размещения данных в оперативной памяти алгоритмы, основанные на умножении многомерных матриц, значительно более эффективны и гораздо проще распараллеливаются, чем известные алгоритмы вывода ассоциативных правил.

Предложенные в статье методы могут быть эффективно использованы при разработке программного обеспечения аналитических информационных систем.

Автор благодарен И.Н. Сеницыну за поддержку, предоставленную в процессе подготовки статьи, и Т.А. Самойловой, оказавшей большую помощь при проведении экспериментов.

Литература

1. Houtsma M., Swami A. Set-oriented mining of association rules. Research Report RJ 9567. IBM Almaden Research Center. San Jose, California. October 1993.
2. Salim M., Yao X. Evolving SQL Queries for Data Mining // Lecture Notes in Computer Science. 2002. V. 2412. P. 62–67.
3. Agrawal R., Imielinski T., Swami A. Mining Associations between Sets of Items in Massive Databases // Proc. of the 1993 ACM-SIGMOD Int'l Conf. on Management of Data. 1993. P. 207–216.
4. Agrawal R., Srikant R. Fast Discovery of Association Rules // Proc. of the 20th International Conference on VLDB. Santiago, Chile. September 1994.
5. Srikant R., Agrawal R. Mining Generalized Association Rules // Proc. of the 21th International Conference on VLDB. Zurich, Switzerland. 1995.
6. Srikant R., Agrawal R. Mining quantitative association rules in large relational tables // Proc. of the ACM-SIGMOD Conference on Management of Data. Montreal, Canada. June 1996.

7. *Pol U.* Design and Development of Apriori Algorithm for Sequential to concurrent mining using MPI // International journal of Computers & Technology. 2013. V. 10. № 7. P. 1785–1790.
8. *Речкалов Т.В.* Подход к интеграции интеллектуального анализа данных в реляционную СУБД на основе генерации текстов хранимых процедур // Вестник Южно-Уральского гос. ун-та. Сер. «Вычислительная математика и информатика». Челябинск: Изд-во: Южно-Уральского гос. ун-та. 2013. Т. 2. № 1. С. 114–121.
9. *Sidló C.I., Lukács A.* Shaping SQL-based frequent pattern mining algorithms (Revised Selected and Invited Papers) // 4th International Workshop «Knowledge Discovery in Inductive Databases». KDID 2005. Springer. Heidelberg. P. 188–201.
10. *Мунерман В.И.* Модели обработки больших объемов данных в системах массового параллелизма // Системы высокой доступности. 2013. Т. 9. № 1. С. 35–43.
11. *Мунерман В.И., Мунерман Д.В.* Алгебраический подход к построению программно-аппаратных комплексов для повышения эффективности массовой обработки данных // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2015. Т. 2. № 11. С. 391–396.
12. *Захаров В.Н., Мунерман В.И.* Параллельный алгоритм умножения многомерных матриц // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2015. Т. 2. № 11. С. 384–391.
13. <https://pypi.python.org/pypi>.

Поступила 28 июля 2017 г.

Algebraic approach the data preparation for the associative rules derivation

© Authors, 2017
© Radiotekhnika, 2017

V.I. Munerman – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Department of Informatics, Smolensk State University
E-mail: vimoon@gmail.com

In the article two methods of increasing the efficiency of data processing in solving problems of derivation of associative rules are considered. Unlike most works in this field, which offer methods to improve the needs of end users involved in data analysis, it offers methods aimed at the programmer of the developer of analytical information systems.

The derivation of associative rules consists of two stages:

1. Construct for each subset of properties the number of objects that have all the properties of this subset, and only these properties.
2. Derivation of associative rules based on the received statistical data and the requirements of the user-analyst.

We consider the first stage, which realizes the preparation of data and has a high computational complexity. Acceleration can be achieved by applying a symmetrical horizontal distribution of the original data and the pipeline method of executing the chain of JOIN operations. This is possible due to the representation of data and operations by means of the file model. The possibility of data representation by multidimensional matrices over which a sequence of multiplication operations is performed is shown.

The results of a computational experiment are presented, which showed that the application of the methods proposed in the article makes it possible to develop parallel software that significantly accelerates the process of preparing data for the derivation of associative rules.

References

1. *Houtsma M., Swami A.* Set-oriented mining of association rules. Research Report RJ 9567. IBM Almaden Research Center. San Jose, California. October 1993.
2. *Salim M., Yao X.* Evolving SQL Queries for Data Mining // Lecture Notes in Computer Science. 2002. V. 2412. P. 62–67.
3. *Agrawal R., Imielinski T., Swami A.* Mining Associations between Sets of Items in Massive Databases // Proc. of the 1993 ACM-SIGMOD Int'l Conf. on Management of Data. 1993. P. 207–216.
4. *Agrawal R., Srikant R.* Fast Discovery of Association Rules // Proc. of the 20th International Conference on VLDB. Santiago, Chile. September 1994.
5. *Srikant R., Agrawal R.* Mining Generalized Association Rules // Proc. of the 21th International Conference on VLDB. Zurich, Switzerland. 1995.
6. *Srikant R., Agrawal R.* Mining quantitative association rules in large relational tables // Proc. of the ACM-SIGMOD Conference on Management of Data. Montreal, Canada. June 1996.
7. *Pol U.* Design and Development of Apriori Algorithm for Sequential to concurrent mining using MPI // International journal of Computers & Technology. 2013. V. 10. № 7. P. 1785–1790.
8. *Rechkalov T.V.* Podhod k integratsii intellektualnogo analiza dannykh v relyatsionnyuyu SUBD na osnove generatsii tekstov hranimyyh protsedur // Vestnik Yujno-Uralskogo gos. un-ta. Ser. «Vyichislitel'naya matematika i informatika». Chelyabinsk: Izd-vo Yujno-Uralskogo gos. un-ta. 2013. Т. 2. № 1. С. 114–121.
9. *Sidló C.I., Lukács A.* Shaping SQL-based frequent pattern mining algorithms (Revised Selected and Invited Papers) // 4th International Workshop «Knowledge Discovery in Inductive Databases». KDID 2005. Springer. Heidelberg. P. 188–201.
10. *Munerman V.I.* Modeli obrabotki bolshih obemov dannykh v sistemah massovogo parallelizma // Sistemy vyisokoy dostupnosti. 2013. Т. 9. № 1. С. 35–43.
11. *Munerman V.I., Munerman D.V.* Algebraicheskiy podhod k postroeniyu programmno-apparatnykh kompleksov dlya povysheniya effektivnosti massovoy obrabotki dannykh // Sovremennyye informatsionnyie tehnologii i IT-obrazovanie. 2015. Т. 2. № 11. С. 391–396.
12. *Zaharov V.N., Munerman V.I.* Parallelnyy algoritm umnozeniya mnogomernyykh matrits // Sovremennyye informatsionnyie tehnologii i IT-obrazovanie. 2015. Т. 2. № 11. С. 384–391.
13. <https://pypi.python.org/pypi>.

Информационные операции и проблема формирования современной культуры информационной безопасности

© Авторы, 2017

© ООО «Издательство «Радиотехника», 2017

Б.Н. Коробец – к.ю.н., доцент, МГТУ им. Н.Э. Баумана

E-mail: korobetz@mail.ru

В.А. Минаев – д.т.н., профессор, МГТУ им. Н.Э. Баумана

М.П. Сычев – д.т.н., профессор, МГТУ им. Н.Э. Баумана

Даны определения культуры информационной безопасности, информационных операций, информационно-психологических воздействий (ИПВ) и негативных информационно-психологических воздействий. Выявлено, что к сегодняшнему дню актуализировались научные направления по обоснованию и созданию комплекса методов и мер обеспечения информационных операций, обеспечения противодействия ИПВ на поведение социальных групп, обострились проблемы подготовки, переподготовки и повышения квалификации кадров в этой сфере. Показано, что в число приоритетных целей научно-исследовательской и образовательной деятельности в области формирования культуры информационной безопасности входит совершенствование научно-методического аппарата, направленного на защиту общества от негативных ИПВ за счет применения комплекса организационно-правовых, программно-технических методов и математических моделей ИПВ и противодействия ИПВ. Выделено шесть направлений моделирования распространения негативных ИПВ на массовое сознание и противодействия негативным ИПВ: традиционные статистические модели (корреляционные, регрессионные, факторные, дискриминационные и т.п.); модели, развиваемые в рамках теории игр; модели, основанные на использовании нейросетей; модели клеточных автоматов; динамические модели диффузии инноваций; имитационные модели.

Ключевые слова: информационное противоборство, информационные операции, информационно-психологическое воздействие, культура информационной безопасности, социальная группа, массовое сознание, социальная сеть, телекоммуникации, математические модели.

Definitions of information security culture, information operations, information and psychological influence (IPI) and negative informational-psychological influence are given. It is concluded that to date, actualized scientific direction of study and development of methods and measures to ensure information operations, ensure combating IPI on the behavior of social groups, has exacerbated problems of training, retraining and advanced training of personnel in this field. Among the priorities of research and educational activities in the field of information security culture formation is defined by improvement of scientific-methodical apparatus, aimed at the protection of society from the negative IPI through the use of a complex of organizational, legal, software and technical methods and mathematical models of IPI and IPI counter. Six directions for modeling the spread of negative IPI to mass consciousness and counteracting negative IPI are highlighted: traditional statistical models (correlation, regression, factor, discriminative models, etc.); models developed within the framework of the game theory; models based on the use of neural networks; models based on the principles of cellular automata; dynamic models of innovation diffusion; simulation system-dynamic models.

Keywords: information warfare, information operations, information-psychological influence, culture of information security, social group, mass consciousness, social networking, telecommunications, mathematical model.

Сегодня, когда человечество приблизилось к цивилизационной пропасти в связи с накоплением ракетно-ядерного потенциала, способного многократно уничтожить все живое, западные военные и политические стратеги нашли новый тип вооружений – информационное оружие. Оно позволяет путем массированных негативных информационно-психологических воздействий (ИПВ) на население, различные социальные группы, отдельных индивидов (как правило, лидеров) достигать глобальных целей – от организации массовых неповиновений граждан в тех или иных «нелояльных» государствах до полномасштабных революций. Возникло такое современное явление, как «гибридная война». Примеров ее реального воплощения немало – Ливия, Египет, Тунис, Сирия, Грузия, Украина...

В качестве ответа в России созданы войска информационных операций.

Под информационными операциями понимаются системные мероприятия, имеющие цели затруднить сбор, обработку, передачу и хранение информации информационными системами противника при максимальной защите собственной информации и информационных систем, включая защиту военных и гражданских систем управления и связи РФ от кибертерроризма и надежного закрытия проходящей по ним критически важной информации.

Определим ИПВ как комплекс специальных психологических операций, проводимых с помощью различных методов, средств и форм распространения информации (через непосредственное общение, путем использования средств массовой информации – печатные средства, радио- и телевидение, изобра-

зительные средства, социальные компьютерные сети) и инициирующих целенаправленное изменение поведения объекта воздействия (индивида, группы лиц, массового сознания населения) [1].

Соответственно, под негативным ИПВ будем понимать сознательно инициируемое влияние (внутреннее), провоцирующее личностную и социальную напряженность, снижение степени организованности, искажение нравственных критериев и норм, влекущее снижение морально-психологического состояния различных социальных групп, включая государственные, силовые и правоохранительные структуры [1].

Апологеты гибридных войн в лице США, в основном ориентированных на информационное оружие, создают специальные мощные научные и практические центры по их организации; с помощью современных технологий берут под контроль базовые каналы распространения информации – социальные, мобильные сети, Интернет-ресурсы, центры телерадиовещания, средства массовой информации; реализуют новые техники и методики информационно-психологического явного и неявного воздействия на человека путем целенаправленного внедрения в аудио-видеосигнал негативных информационных преобразований и искажений.

Основоположники таких войн, к сожалению, достаточно успешно продвигаются в своих попытках посеять смуту во многих странах, имея далеко идущие цели подчинить себе весь мир.

Россия как государство в последние годы также столкнулась с множеством угроз информационно-психологической безопасности. Это и организация внешними силами беспорядков на Манежной площади в 2010 г., и массовые акции протеста после выборов в Государственную думу в 2011 г. с использованием возможностей социальных сетей и помощи зарубежных разведок, и развертывание масштабной деятельности ИГИЛ (ДАИШ) в социальных сетях и на популярных видеохостингах и порталах.

Информационное оружие все чаще используется при организации конкурентной борьбы, при проведении выборных кампаний, во внутривнутриполитической борьбе. При этом нужно принимать во внимание, что развитие современных телекоммуникаций и информационных технологий существенно увеличило плотность негативных ИПВ, заставило говорить о нарастающей актуальности проблемы деструктивных, разрушительных воздействий на сознание человека, общество, народы со стороны злоумышленников. С помощью информационного оружия решаются задачи целевого переформатирования системы жизненных ценностей и ориентиров, разрушения сложившихся в обществе социальных отношений.

Именно поэтому актуализировалась тематика исследований, относящаяся к *культуре информационной безопасности*, под которой будем понимать такой способ организации жизнедеятельности граждан страны, когда они не только знают и способны реализовать свои конституционные права и свободы в информационной сфере (владея технологиями доступа к государственным информационным ресурсам и сохраняя свою личную тайну и интеллектуальную собственность), но и умеют распознавать негативные информационные воздействия, угрожающие их здоровью, благосостоянию и личным интеллектуальным ресурсам, а также владеют технологиями защиты от таких воздействий [2].

Зарубежные авторы пишут о том, что обладание культурой информационной безопасности позволяет минимизировать угрозы информационным ресурсам посредством создания системы ценностей и убеждений, определяющих поведение сотрудников какой-либо организации при работе с информацией и средствами информационных технологий. При этом они рассматривают культуру информационной безопасности в пяти измерениях (стратегии, технологии, организации, люди, окружающая среда), обращая особое внимание именно на человеческий фактор при описании и объяснении ее эволюции [8]. В последние годы в зарубежных работах культура информационной безопасности трактуется намного шире, чем только ее технические аспекты, говорится о том, что безопасность не только информационных ресурсов, но и самого человека во многом зависит от того, что он делает или не делает при взаимодействии с информационными системами [9], где фактор человеческого поведения представляет собой слабое звено в цепи безопасности [10–14].

Ц е л ь р а б о т ы – показать, что в число приоритетных целей научно-исследовательской и образовательной деятельности в области формирования культуры информационной безопасности входит совершенствование научно-методического аппарата, направленного на защиту общества от негативных ИПВ за счет применения комплекса организационно-правовых, программно-технических методов и математических моделей ИПВ и противодействия ИПВ.

Информационные операции как актуальная научно-образовательная тема

Все вышесказанное свидетельствует о том, что к сегодняшнему дню не только крайне актуализировались научные направления обоснования и создания комплекса методов и мер противодействия ИПВ на поведение социальных групп, но и обострились проблемы подготовки, переподготовки и повышения квалификации кадров в этой сложнейшей сфере индивидуальных, социальных и государственных отношений.

Поэтому в числе приоритетных целей научно-исследовательской и образовательной деятельности в области культуры информационной безопасности должно выступать совершенствование научно-методического аппарата, направленного на повышение уровня защищенности отдельных социальных групп от негативных ИПВ за счет применения комплекса организационно-правовых, программно-технических методов и математических моделей ИПВ и противодействия ИПВ, реализация угроз со стороны которых может привести к снижению уровня экономической, информационной и психологической безопасности России и ее граждан и, по большому счету, нарушению военно-стратегического баланса в сфере безопасности российского государства.

С учетом того, что комплекс научно-образовательных мер защиты от негативных ИПВ может быть создан только в междисциплинарных рамках на стыке психологии, социологии, культурологии, политологии, кибернетики, информатики и математического моделирования, методология исследования должна базироваться на результатах системного анализа в области теоретических и прикладных исследований ИПВ на индивидуальное и массовое сознание, средств и методов противодействия ИПВ на поведение социальных групп, а также на экспериментальных результатах в сфере информационных технологий, акустики и обработки видеоизображений, математического моделирования сложных систем и социальных процессов.

В этой связи, на первый взгляд, весьма разнородные вопросы научного и учебного характера, исследуемые и изучаемые в рамках проблемы создания культуры информационной безопасности и организации противодействия негативным ИПВ, по своей сути взаимосвязаны и должны включать:

- анализ психологических особенностей социальных групп и российского общества в целом, которые определяют угрозы реализации негативных ИПВ со стороны различных злоумышленников (государств, социальных групп и отдельных индивидов);

- исследование исторических аспектов и современного состояния вопроса осуществления негативных ИПВ на социальные группы и противодействия ему;

- выявление и классификацию каналов, способов и методов оказания негативных ИПВ на социальные группы, при этом уделяя особое внимание аудиовизуальной информации и современным методам информационных воздействий с ее применением;

- исследование современной российской законодательной и нормативной базы в части, касающейся правового регулирования сферы ИПВ на социальные группы и защиты от негативных ИПВ, а также ответственности за реализацию последних;

- анализ и классификацию моделей поведения человека, математического моделирования ИПВ и обоснования методов выявления негативных ИПВ и противодействия ИПВ;

- создание комплекса организационно-правовых и программно-технических методов и мер противодействия негативным ИПВ.

Междисциплинарные рамки проблемы

Очевидно, что базой для проведения качественных научных исследований в поисках ответов на поставленные вопросы должны выступать результаты анализа современного состояния массового сознания российского общества как пространства ИПВ на поведение социальных групп, определяющего создание и продвижение информационно-коммуникативных технологий реализации позитивных и негативных ИПВ.

В процессе анализа должен быть раскрыт уязвимый к ИПВ потенциал массового сознания, то есть, в частности, экономические, правовые, политические и религиозные взгляды, а также изучена в сравнительном аспекте подверженность социальных групп российского общества различным способам и каналам осуществления негативных ИПВ.

Необходимо обратить внимание на то, что наиболее опасными «уязвимостями» массового сознания российского общества по отношению к ИПВ выступают:

1) *в финансово-экономическом аспекте:*

недостаток финансово-экономической культуры – дефицит знаний теории и практики инвестирования, провалы в навыках планирования семейного бюджета, низкая финансовая дисциплина;

неумение или нежелание отвечать за свои финансовые решения – например, взятие кредитов, в том числе валютных, и последующий уход от их возврата;

несистемное формирование индивидуальных представлений в области экономики и финансов;

недоверие к финансовым регуляторам и непонимание механизмов их функционирования;

2) *в правовом аспекте:*

правовой нигилизм;

недоверие к новым законодательным инициативам;

3) *в политическом аспекте:*

импульсивность и иррациональность политических предпочтений;

склонность к мифологизации политической жизни;

склонность к изоляционизму, поиску внешнего врага;

нежелание участвовать в политической жизни;

4) *в религиозном аспекте:*

декларируемая религиозность при низкой религиозной грамотности;

тенденции к радикализации религиозности.

Следует также выделить наиболее вероятные сценарии использования уязвимостей злоумышленниками (как внутри российского общества, так и вне его) при реализации негативных ИПВ по отношению к социальным группам российского общества, в которые входят:

эксплуатация безграмотности в области инвестиционной деятельности путем насаждения ложных практик инвестирования или рекламы высокорискового инвестирования (с использованием значительного кредитного плеча, с преимущественным использованием производных инструментов);

стимулирование займов с высокой процентной ставкой (микрозаймы) с помощью рекламы, эксплуатирующей низкую финансовую грамотность;

провоцирование саморазвивающихся негативных сценариев в качестве реакции на действия регуляторов;

стимулирование недоверия к финансовому регулятору при любой его инициативе, независимо от характера и обоснованности финансовой инициативы;

развитие атмосферы недоверия к судебной системе России, правоохранительным органам, независимо от целесообразности их действий;

активизация самоуправства и правовых провалов со стороны представителей правоохранительных и правоприменительных органов;

стимулирование недоверия и противодействия применительно к законодательным инициативам, независимо от их характера, целесообразности и обоснованности;

иррациональная политическая пропаганда;

пестование радикального национализма, провоцирование ненависти и насилия по отношению к иностранцам, людям другого цвета кожи, представителям других религий;

стимулирование межрелигиозной розни и насилия со стороны представителей отдельных религий.

В целом в научных исследованиях и в образовательном процессе нужно исходить из следующих обстоятельств:

в условиях информационных войн никакая из социальных групп в полной мере не защищена от негативных ИПВ, особенно подвержены им лица, предпочитающие Интернет в качестве основного источника информации, то есть подростки и студенты;

учитывая естественный процесс взросления и старения населения, Интернет и социальные сети активно развиваются в качестве основного источника информации для всех демографических групп;

при планировании и организации противодействия негативным ИПВ наибольшее значение имеют методы противодействия через социальные сети и Интернет.

Вопросы моделирования

Организуя научные исследования и раскрывая содержание учебного процесса в части, касающейся отечественного и зарубежного опыта формирования культуры информационной безопасности, разработки методов и средств осуществления негативных ИПВ на различные социальные группы и технологий противодействия подобным воздействиям, а также опыта построения математических моделей реализации ИПВ, следует рассматривать средства и методы осуществления ИПВ на социальные группы в историческом аспекте.

В частности, необходимо проанализировать развитие представлений о воздействии информации на человека, средствах доставки информационных сообщений, основных этапах развития возможностей ИПВ на социальные группы. Акцентироваться на раскрытии вопросов, связанных со становлением глобального информационного общества и развитием цифрового мира. Уделить внимание программно-техническим методам ИПВ на массовое сознание и алгоритмам противодействия негативным ИПВ, а также моделированию ИПВ деструктивного характера.

Кроме того, необходимо учесть и то, что важнейшим видом воздействующих сообщений являются видеозаписи, поскольку они позволяют оказывать комплексное воздействие, комбинируя речь, звук и изображение одновременно, а также то, что развитие методов реализации воздействующих сообщений связано со следующими этапами [1]:

подготовкой сообщения с использованием риторических фигур (для речи), изобразительных средств (для изображений и видеозаписей);

привлечением внимания к сообщению изобразительными и звуковыми средствами;

повышением внушаемости объекта воздействия путем использования различных способов формирования гипнотического состояния;

целевой доставкой сообщений объекту воздействия.

При формировании исследовательских и образовательных программ следует обратить внимание на то, что наиболее уязвимые социальные группы (подростки, студенты) являются и самыми активными пользователями интернет-коммуникаций, для доступа к которым они используют преимущественно мобильные устройства. В этой связи важны следующие выводы:

прикладное программное обеспечение для осуществления ИПВ весьма развито, в отличие от средств противодействия негативным ИПВ;

вопросы защиты пользователей социальных сетей от ИПВ на сегодня проработаны явно слабо – это подтверждается и фактическим отсутствием рынка «оборонительного» программного обеспечения индивидуального и коллективного уровней.

Раскрывая базовую цель моделирования ИПВ, необходимо, прежде всего, обратить внимание на разработку таких моделей, которые позволили бы проигрывать различные сценарии развития ИПВ в регионах, социальных группах.

В качестве методологической основы при этом можно ориентироваться на разработки Римского клуба, тесно связанные с именем Дж. Форрестера [3, 4], разработавшего модели мировой динамики, модели города, исследовавшего пределы роста социально-экономических систем. Нужно также обратить внимание на работы советского и российского академика Н.Н. Моисеева [5] и его последователей, занимавшихся моделированием «ядерной зимы», крупномасштабных экономических систем и проектов.

Выделяются, по крайней мере, шесть направлений моделирования распространения негативных ИПВ на массовое сознание и противодействия негативным ИПВ:

1. Традиционные статистические модели (корреляционные, регрессионные, факторные, дискриминационные и т.п.).

2. Модели, развиваемые в рамках теории игр.

3. Модели, основанные на использовании нейросетей.

4. Модели клеточных автоматов.

5. Динамические модели диффузии инноваций.

6. Имитационные модели.

В рамках указанных моделей по распознаванию ИПВ, прогнозированию их динамики и управлению процессом реагирования на ИПВ определим систему задач, решаемых с их помощью [6]:

-
- 1) определение комплекса факторов, влияющих на формирование индивидуального сознания;
 - 2) оценка возможности учета выявленных факторов при обосновании и реализации математической модели динамики ИПВ на индивидуальное сознание (прежде всего, лидеров групп);
 - 3) определение комплекса факторов, влияющих на формирование массового сознания в условиях ИПВ;
 - 4) оценка возможности учета выявленных факторов при обосновании и реализации математической модели динамики ИПВ;
 - 5) обоснование подходов к выявлению однородных (с позиции характеристик ИПВ) социальных групп, включая группы, использующие социальные сети;
 - 6) обоснование и реализация моделей ИПВ на различные кластеры населения, включая кластеры социальных сетей;
 - 7) выявление и формирование тезаурусов по различным видам ИПВ, а также устойчивых паттернов сообщений в социальных сетях, содержащих ИПВ;
 - 8) разработка алгоритмов диагностики и обнаружения ИПВ в социальных сетях в реальном масштабе времени;
 - 9) обоснование и реализация модели устойчивого функционирования автоматизированных систем диагностики и обнаружения ИПВ в реальном масштабе времени;
 - 10) создание комплекса моделей ИПВ и экспериментальная проверка разработанных на их основе человеко-машинных систем специального назначения, функционирующих в условиях деструктивного информационного воздействия и защищенных от ИПВ как в автоматическом режиме, так и путем включения в контур защиты эксперта-оператора.

Каналы и способы информационно-психологических воздействий

Важно понимание того, что в настоящий период времени, когда значительно усилились поистине тектонические движения в области информационных войн и информационных операций, моделирование ИПВ и противодействия ИПВ по своей масштабности, социально-политической и военно-стратегической значимости сравнимо с названными глобальными проектами. Развитая модель ИПВ, позволяющая эффективно прогнозировать последствия различных военно-политических решений и управлять этими решениями, может быть создана только в рамках междисциплинарного подхода путем объединения усилий ученых из различных сфер.

Особо нужно обратить внимание на то, что в силу сложности и малой изученности процессов, происходящих в психике человека и определяемых его личностными особенностями, создание адекватных математических моделей ИПВ на индивидуальное сознание на нынешнем этапе развития психологии пока не представляется возможным, однако для экспертного прогнозирования и оценки динамики ИПВ на конкретного члена социальной группы или ее лидера возможно применять существующие проверенные тесты и методики.

Важно учитывать в научных исследованиях и учебных курсах, связанных с количественными моделями проведения информационных операций и информационного противоборства, следующие известные результаты [1, 6]:

математическая модель деструктивного ИПВ на массовое сознание и противодействия ИПВ должна учитывать три основных процесса – информационное влияние на массовое сознание межличностного информационного взаимодействия и средств массовой информации, эффект забывания воздействия;

уравнения, описывающие модель динамики ИПВ, являются нелинейными дифференциальными уравнениями, которые имеют решение в виде обобщенной логистической кривой.

Кроме того, раскрывая в учебных дисциплинах способы осуществления негативных ИПВ на социальные группы, необходимо опираться: на их логичную классификацию, отражающую приемы ИПВ; их специфику (особенно с использованием СМИ и мультимедийных средств), способы и средства аудиовизуальных воздействий на подсознание; признаки и методы «заражения» людей «информационными вирусами»; воздействия, связанные со злоупотреблением доверием пользователей социальных сетей

Следует также детально раскрыть арсенал средств при подготовке воздействующих сообщений, среди которых находятся [7]: усиление воздействия текста и речи риторическими приемами; введение конкретных индивидов и даже их групп в гипнотическое состояние с использованием специально сфор-

мированной музыки и шокового визуального ряда; формирование устойчивых ассоциаций; дезинформация; визуальные и аудиальные субсенсорные воздействия; навешивание ярлыков; «сияющие обобщения»; трансфер; ссылка на авторитеты; игра в простонародность; подтасовка карт; «общий вагон»; многократные повторения.

Обучаемые должны четко осознать, что каждое отдельное воздействующее сообщение, как правило, проектируется с учетом общей стратегической цели. При этом сообщения могут касаться совершенно различных тематик, но косвенно оказывать воздействие на отношение социальных групп к некоторому вопросу, не затрагиваемому явным образом в воздействующем сообщении.

В учебных курсах в процессе оценки имеющейся законодательной и нормативной базы, позволяющей осуществлять правовую поддержку механизмам противодействия негативным ИПВ на различные социальные группы, необходимо обратить внимание на явную недостаточность правовых инструментов для защиты от лживой и «вредной» информации, связанной с манипуляциями, осуществляемыми средствами социальных медиа.

- 1. Вопросы научного и учебно-методического сопровождения разработки проблемы культуры информационной безопасности и связанной с ней политики проведения информационных операций и обеспечения информационно-психологической безопасности (ИПВ) требуют дальнейшей проработки. В частности, в целях повышения грамотности граждан в области личной ИПВ должны быть разработаны и внедрены соответствующие дисциплины на уровне среднего образования. Для подготовки гражданских специалистов, обеспечивающих ИПВ предприятий, необходимо разработать и внедрить соответствующие дисциплины высшего образования.

2. Следует дать оценку потребностей в методическом и информационно-техническом обеспечении учебного процесса в области проведения информационных операций и противодействия негативным ИПВ на различные социальные группы, уделив особое внимание информационным системам выявления негативных ИПВ программирующих воздействий, деструктивных шумов в социальных сетях и мобильных приложениях.

3. Теоретический уровень учебного процесса в части, касающейся создания и реализации методов, средств и моделей ИПВ и противодействия ИПВ, должен отражать современный уровень науки, техники и технологий в названной сфере. Это, в частности, относится к развитию теоретического аппарата информационного влияния, включающего:

новые концептуальные воззрения на исследуемый объект (ИПВ);

современный историко-психологический взгляд на особенности российского общества и его социальных групп, определяющие угрозы реализации негативных ИПВ со стороны различных злоумышленников;

системную классификацию каналов, способов и методов негативных ИПВ на социальные группы, при этом особое внимание следует уделить аудиовизуальной информации и современным методам информационных воздействий с ее применением;

новые модели поведения человека, модели динамики ИПВ, методы выявления негативных ИПВ и противодействия ИПВ.

4. Учебный процесс и научные изыскания должны строиться, исходя, прежде всего:

из их практической ценности, возможности использования методов проведения информационных операций и противодействия ИПВ практиками;

из востребованности системой высшего профессионального и дополнительного образования, в рамках которых осуществляется обучение, подготовка и переподготовка специалистов в указанной сфере;

из вовлеченности промышленных и технологических организаций, производящих программно-технические средства проведения информационных операций и противодействия негативным ИПВ.

Именно эти приоритеты должны доминировать при исследовании и изучении современной российской законодательной и нормативной базы формирования культуры информационной безопасности и правового регулирования сферы ИПВ на социальные группы и защиты от негативных ИПВ, а также при формулировании направлений создания комплекса организационно-правовых и

программно-технических методов проведения информационных операций и реализации методов мер противодействия негативным ИПВ.

Литература

1. Минаев В.А., Овчинский А.С., Скрыль С.В., Тростянский С.Н. Как управлять массовым сознанием: современные модели. М.: РосНОУ. 2013. 200 с.
2. Астахова Л.В. Сущность понятия «Культура информационно-психологической безопасности» и ее формирование у студентов ВУЗА // Сб. научных трудов Междунар. научно-практич. конф. «Экономика. Информатика. Безопасность» / Под ред. В.А. Киселевой, Л.В. Астаховой. Челябинск: Изд-во ЮУрГУ. 2006. С. 93–99.
3. Форрестер Дж. Мировая динамика: Пер. с англ. / Под ред. Д. Гвишиани, Н. Моисеева. М.: Изд-во АСТ. СПб.: Terra Fantastica. 2003. 379 с.
4. Форрестер Дж. Основы кибернетики предприятия (Индустриальная динамика). М.: Прогресс. 1971. 340 с.
5. Моисеев Н.Н. Человек, природа и будущее цивилизации: «Ядерная зима» и проблема «запретной черты». М.: Изд-во Агентства печати «Новости». 1986. 92 с.
6. Минаев В.А., Дворянкин С.В. Обоснование и описание модели динамики информационно-психологических воздействий деструктивного характера в социальных сетях // Безопасность информационных технологий. 2016. № 3. С. 40–52.
7. Кара-Мурза С.Г. Манипуляция сознанием. М.: Изд-во «Алгоритм». 2000. 464 с.
8. Areej Al Hogail Cultivating and Assessing an Organizational Information Security Culture; an Empirical Study // International Journal of Security and Its Applications. 2015. V. 9. № 7. P. 163–178.
9. Da Veiga A., Eloff J. A Framework and Assessment Instrument for Information Security Culture // Computers and Security. 2010. V. 29. № 2. March. P. 196–207.
10. Parsons K., McCormac A., Butavicius M., Ferguson L. Human Factors and Information Security: Individual, Culture and Security Environment // Command, Control, Communications and Intelligence Division, Defenses Science and Technology Organization. Edinburgh: Australia. Department of Defense, Australian Government. 2010. 45 p.
11. Schneier B. Secrets and Lies: Digital Security in a Networked World. Indianapolis: John Wiley & Sons, Inc. 2004. 448 p.
12. Martins A., Eloff J. Information Security Culture. Security in the Information Society. Boston: Kluwer Academic Publishers. 2002. P. 203–214.
13. Schlienger T., Teufel S. Information Security Culture: from Analysis to Change // South African Computer Journal. 2003. V. 31. P. 46–52.
14. Da Veiga A., Martins N., Eloff J. Information Security Culture-Validation of an Assessment Instrument // South African Business Review. 2007. V. 11. № 1. P. 146–166.

Поступила 9 августа 2017 г.

Information operations and problem of modern culture information security formation

© Authors, 2017

© Radiotekhnika, 2017

B.N. Korobets – Ph. D. (Jurid), Associate Professor, Bauman Moscow State Technical University

E-mail: korobetz@mail.ru

V.A. Minaev – Dr. Sc. (Eng.), Professor, Bauman Moscow State Technical University

M.P. Sychev – Dr. Sc. (Eng.), Professor, Bauman Moscow State Technical University

Definitions of information security culture, information operations, information and psychological influence (IPI) and negative informational-psychological influence are given. Information operations are understood as system actions having the purposes to complicate collecting, processing, transfer and data storage by information systems of the opponent at the maximum protection of own information and information systems, including protection of military and civil control systems and communications of the Russian Federation from cyber terrorism and reliable protection of the important information passing on them. In article the emphasis is placed on works of foreign authors who write that possession of information security culture allows minimizing threats to information resources by means of values and beliefs system creation. At the same time they consider culture of information security in five measurements (strategy, technology, organization, people, environment), paying special attention to a human factor at description and explanation of it evolution. In recent years in foreign scientific works the culture of information security is treated much more widely, than only her technical aspects, it is said that the factor of human behavior represents a weak link in safety chain. It is concluded that to date, actualized scientific direction of study and development of methods and measures to ensure information operations, ensure combating IPI on the behavior of social groups, has exacerbated problems of training, retraining and advanced training of personnel in this field. Among the priorities of research and educational activities in the field of information security culture formation is defined by improvement of scientific-methodical apparatus, aimed at the protection of society from the negative IPI through the use of a complex of organizational, legal, software and technical methods and mathematical models of IPI and IPI counter. In describing the basic goal of information and psychological influences (IPI) modeling, attention is drawn to the development of such models that

would allow reproducing different scenarios for development of IPI in regions and social groups. As the methodological basis, one can focus on the development of the Rome Club, closely associated with the name of J. Forrester, who developed models of world dynamics, the model of city, studied limits of socio-economic systems growth. Attention is also drawn to works of the Soviet and Russian academician N.N. Moiseev and his followers who were engaged in modeling the «nuclear winter», large-scale economic systems and projects. Six directions for modeling the spread of negative IPI to mass consciousness and counteracting negative IPI are highlighted: traditional statistical models (correlation, regression, factor, discriminative models, etc.); models developed within the framework of the game theory; models based on the use of neural networks; models based on the principles of cellular automata; dynamic models of innovation diffusion; simulation system-dynamic models.

References

1. *Minaev V.A., Ovchinskij A.S., Skryl' S.V., Trostyanskij S.N.* Kak upravlyat' massovy'm soznaniem: sovremennyye modeli. M.: RosNOU. 2013. 200 s.
2. *Astaxova L.V.* Sushhnost' ponyatiya «Kul'tura informacziionno-psixologicheskoy bezopasnosti» i ee formirovanie u studentov VUZA // Sb. nauchny'x trudov Mezhdunar. nauchno-praktich. konf. «E'konomika. Informatika. Bezopasnost'» / Pod red. V.A. Kiselevoj, L.V. Astaxovoj. Chelyabinsk: Izd-vo YuUrGU. 2006. S. 93–99.
3. *Forrester Dzh.* Mirovaya dinamika: Per. s angl. / Pod red. D. Gvishiani, N. Moiseeva. M.: Izd-vo ACT. SPb.: Terra Fantastica. 2003. 379 c.
4. *Forrester Dzh.* Osnovy' kibernetiki predpriyatiya (Industrial'naya dinamika). M.: Progress. 1971. 340 s.
5. *Moiseev N.N.* Chelovek, priroda i budushhee czivilizaczii: «Yadernaya zima» i problema «zapretnoj cherty». M.: Izd-vo Agentstva pečhati «Novosti». 1986. 92 s.
6. *Minaev V.A., Dvoryankin S.V.* Obosnovanie i opisaniye modeli dinamiki informacziionno-psixologicheskix vozdejstvij destruktivnogo xarakterax v sozcial'ny'x setyax // Bezopasnost' informacziionny'x tehnologij. 2016. № 3. S. 40–52.
7. *Kara-Murza S.G.* Manipulyaczia soznaniem. M.: Izd-vo «Algoritm». 2000. 464 s.
8. *Areej Al Hogail* Cultivating and Assessing an Organizational Information Security Culture; an Empirical Study // International Journal of Security and Its Applications. 2015. V. 9. № 7. P. 163–178.
9. *Da Veiga A., Eloff J.* A Framework and Assessment Instrument for Information Security Culture // Computers and Security. 2010. V. 29. № 2. March. P. 196–207.
10. *Parsons K., McCormac A., Butavicius M., Ferguson L.* Human Factors and Information Security: Individual, Culture and Security Environment // Command, Control, Communications and Intelligence Division, Defenses Science and Technology Organization. Edinburgh: Australia. Department of Defense, Australian Government. 2010. 45 p.
11. *Schneier B.* Secrets and Lies: Digital Security in a Networked World. Indianapolis: John Wiley & Sons, Inc. 2004. 448 p.
12. *Martins A., Eloff J.* Information Security Culture. Security in the Information Society. Boston: Kluwer Academic Publishers. 2002. P. 203–214.
13. *Schlienger T., Teufel S.* Information Security Culture: from Analysis to Change // South African Computer Journal. 2003. V. 31. P. 46–52.
14. *Da Veiga A., Martins N., Eloff J.* Information Security Culture-Validation of an Assessment Instrument // South African Business Review. 2007. V. 11. № 1. P. 146–166.

Уважаемые читатели!

В Издательстве «Радиотехника» Вы можете приобрести книгу



НЕЙРОСЕТЕВЫЕ МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ

Автор: Тархов Д.А.

Рассмотрены математические модели и алгоритмы функционирования и обучения нейронных сетей, а также используемые при их обучении алгоритмы построения линейной и нелинейной регрессии, метод главных компонент, методы нелинейной оптимизации и распределенные вычисления с нейронными сетями. Изложена методология и даны примеры применения нейросетевых технологий к задачам математического моделирования, включая стандартные и нестандартные задачи математической физики. Данная методология на порядок сокращает трудоемкость моделирования процессов и явлений в технических системах и позволяет инженеру-исследователю самостоятельно решать задачи, ранее доступные только научным коллективам, включающим квалифицированных специалистов по вычислительной математике.

Для научных работников, аспирантов и студентов, занимающихся разработкой и применением нейросетевых технологий.

По вопросам заказа и приобретения книг обращаться по адресу: 107031 г. Москва, Кузнецкий мост, 20/6
Тел./факс (495) 625-92-41, тел.: (495) 625-78-72, 621-48-37

Полный перечень книг, выпускаемых Издательством «Радиотехника», размещен на сайте
<http://www.radiotec.ru>; e-mail: info@radiotec.ru

Игровой имитационный анализ механизма оценивания научно-технических проектов с участием активных экспертов

© Авторы, 2017

© ООО «Издательство «Радиотехника», 2017

Б.Н. Коробец – к.ю.н., доцент, МГТУ им. Н.Э. Баумана

E-mail: korobetz@mail.ru

В.А. Минаев – д.т.н., профессор, МГТУ им. Н.Э. Баумана

М.П. Сычев – д.т.н., профессор, МГТУ им. Н.Э. Баумана

А.А.В. Щепкин – сотрудник, Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН (Москва)

E-mail: av_shch@mail.ru

Дано описание игровых экспериментов с имитационной моделью экспертной оценки научно-технических проектов при различных целевых функциях активных экспертов. Описана формальная игровая модель механизма экспертизы проекта. Исследовано, что игровые эксперименты с моделью механизма экспертизы позволяют получить и сравнить результаты экспертного анализа при различных целевых функциях игроков-экспертов: достичь результирующей оценки, близкой к собственной; повысить свой собственный экспертный рейтинг; одновременно стремиться как к достижению результирующей оценки, близкой к собственной, так и к повышению своего рейтинга. Показано, что наличие собственных целей у экспертов оказывает существенное влияние на результаты экспертизы. Выявлено, что анализ результатов имитационной игры позволяет Центру научно обоснованно формировать команду экспертов при решении сложных научно-технических проектов в реальной жизни, давая возможность им получать необходимые навыки экспертного поведения. Приведено необходимое число рисунков, которые подтверждают совпадение аналитически полученных значений равновесных стратегий со значениями, полученными при проведении имитационной игры. Доказано, что имитационные игры дают возможность экспериментально оценивать эффективность различных экспертных механизмов и оперативно получать информацию о поведении экспертов как при изменении самого механизма, так и при изменении целей игроков.

Ключевые слова: имитационная игра, механизм экспертизы, научно-технический проект, целевая функция, стратегия игрока, гипотеза индикаторного поведения, ситуация равновесия по Нэшу.

Description of game experiments with the scientific and technical projects expert assessment model based on different criterion functions of active experts is given. A formal game model of the project expertise mechanism is described. Gaming experiments with the model allows to obtain and compare results of expert analysis for various objective functions of players: to achieve a resultant estimate close to own; to increase own rating; simultaneous aspiration both for achievement of the resultant estimation, close to own, and to increase of the own rating. It is shown that presence of own expert's purposes has significant effect on results of expertise. Analysis of results of the simulation game allows the Center to scientifically justify of formation expert's team for solving complex scientific and technical projects in real life, enabling them to obtain the necessary skills of expert behavior. The article is accompanied by the necessary number of figures, which confirm the coincidence of analytically obtained values of equilibrium strategies with the values obtained during the simulation game. It is convincingly shown that simulation games make it possible to experimentally evaluate the effectiveness of various expert mechanisms and promptly obtain information about the behavior of experts both when the mechanism itself changes and when the players' goals change.

Keywords: simulation game, expertise mechanism, scientific and technical project, target function, player's strategy, hypothesis of indicator behavior, equilibrium situation according to Nash.

Анализ механизма экспертизы научно-технических проектов весьма эффективно осуществляется путем проведения имитационных игр [1–3, 8–12]. Имитационная игра позволяет оценить различные процедуры формирования итоговой экспертной оценки, а также подготовку и добросовестность специалистов, приглашенных для экспертизы проекта. Кроме того, результаты проведения имитационной игры позволяют исследовать сходимость оценок экспертов-игроков к ситуации равновесия по Нэшу [4].

Каждая партия имитационной игры состоит из трех этапов:

Этап 1. Этап сбора информации: каждый игрок сообщает ведущему игры свою оценку проекта.

Этап 2. Этап обработки полученной информации: определение значений результирующей оценки.

Этап 3. Этап подведения итогов: игроки рассчитывают значения своих целевых функций.

На этом партия игры завершается и игроки переходят к следующей партии, то есть опять сообщают ведущему новые данные. Ведущий формирует результирующую экспертную оценку, и игроки вновь подсчитывают значения своих целевых функций и т.д.

Игра заканчивается, когда стратегии игроков сойдутся к ситуации равновесия по Нэшу. По стратегиям игроков в равновесной ситуации можно судить об эффективности применяемой процедуры формирования результирующей экспертной оценки.

Ц е л ь р а б о т ы – показать, что имитационные игры дают возможность экспериментально оценивать эффективность различных экспертных механизмов и оперативно получать информацию о поведении экспертов как при изменении самого механизма, так и при изменении целей игроков.

Игровая модель механизма экспертизы

Пусть в игре участвуют n игроков. Роль ведущего игры выполняет Центр, отвечающий за качество и своевременность оценки научно-технического проекта.

Для экспертной оценки проекта задана шкала оценок, минимальная оценка по которой равна d , а максимальная – D . Обозначим через s_i ($i = 1, 2, \dots, n$) оценку проекта, которую сообщает i -й игрок при проведении экспертизы, выполняя условие $s_i \in [d; D]$. Также предполагается, что каждый игрок знает истинную оценку проекта r_i , $r_i \in [d; D]$, причем она может отличаться от s_i .

При определении результирующей оценки Центр рассчитывает среднее арифметическое значение оценок, полученных от игроков, то есть

$$\pi(s_1, \dots, s_n) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n s_i. \quad (1)$$

Целью эксперта является выбор такой стратегии поведения, которая позволит минимизировать свою целевую функцию.

Будем считать, что игроки, зная процедуру формирования результирующей оценки $\pi(s)$, сообщают в Центр такие значения оценки s_i , которые позволяют, по их мнению, обеспечить желаемое значение своей целевой функции f_i . В проводимых игровых экспериментах роль игроков выполняли автоматы (программная реализация соответствующего алгоритма поведения игрока). Они формировали свои экспертные оценки для Центра. В работе рассматривается поведение автомата в соответствии с гипотезой индикаторного поведения [5–7], которая описывается процедурой

$$s_i^{(k+1)} = s_i^{(k)} + \gamma_i^{(k)} (\hat{s}_i^{(k)} - s_i^{(k)}), \quad \gamma_i^{(k)} \in [0; 1], \quad (2)$$

где $s_i^{(k)}$ – оценка, сообщаемая i -м автоматом в k -й партии игры; соответственно, $s_i^{(k+1)}$ – оценка, сообщаемая i -м автоматом в $(k+1)$ -й партии игры; $\hat{s}_i^{(k)}$ – положение цели i -го автомата в k -й партии (другими словами, это та оценка проекта, сообщенная i -м автоматом, которая обеспечивает желательное значение его целевой функции в k -й партии игры); и, наконец, $\gamma_i^{(k)}$ – коэффициент, значение которого определяет величину шага i -го автомата в сторону положения его цели в k -й партии.

В игровых экспериментах участвовали семь игроков-автоматов ($n = 7$). Они были упорядочены по убыванию истинных оценок, $r_1 > r_2 > \dots > r_7$. Значения истинных оценок игроков $\{r_i\}$, $i = 1, 2, \dots, 7$, были приняты соответственно равными $r_1 = 80$, $r_2 = 70$, $r_3 = 60$, $r_4 = 50$, $r_5 = 40$, $r_6 = 30$, $r_7 = 20$ (вариант 1). Значения коэффициентов $\gamma_i^{(k)}$ от партии к партии не менялись, и, соответственно, были равны $\gamma_1^{(k)} = 0,3$; $\gamma_2^{(k)} = 0,5$; $\gamma_3^{(k)} = 0,2$; $\gamma_4^{(k)} = 0,4$; $\gamma_5^{(k)} = 0,3$; $\gamma_6^{(k)} = 0,5$; $\gamma_7^{(k)} = 0,2$.

Случай 1. Заинтересованность экспертов в достижении результирующей оценки, близкой к собственной. При этом целевая функция игрока определяется выражением

$$f_i = [r_i - \pi(s)]^2, \quad i = 1, 2, \dots, 7. \quad (3)$$

Нетрудно показать, что для целевой функции (3) в ситуации равновесия по Нэшу оценки игроков соответственно равны [8]: $s_1^* = s_2^* = \dots = s_{j-1}^* = D$; $s_j^* = 7r_j - (j-1)D - (7-j)d$; $s_{j+1}^* = s_{j+2}^* = \dots = s_7^* = d$.

Для варианта 1 и при $d = 1$ и $D = 100$ легко получить, что $s_1^* = s_2^* = s_3^* = 100$, $s_4^* = 47$, $s_5^* = s_6^* = s_7^* = 1$.

Отсюда видно, что у первых трех игроков равновесные оценки вышли на верхнюю границу допустимого диапазона, у последних трех равновесные оценки вышли на нижнюю границу допустимого диапазона, а у четвертого игрока равновесная оценка ниже истинной оценки на три балла. В то же время

результатирующая оценка игроков, определяемая выражением (1), равна 50. Заметим, что если бы все игроки сообщали истинные оценки проекта, то результирующая оценка была бы равной 50.

Для целевой функции (3) положение цели i -го автомата в k -й партии определяется из решения уравнения $\frac{\partial f_i}{\partial s_i} = 0$, или

$$r_i = \frac{\sum_{j=1}^{i-1} s_j^{(k)} + \hat{s}_i^{(k)} + \sum_{j=i+1}^7 s_j^{(k)}}{7} = 0, \quad i = 1, 2, \dots, 7.$$

Решение этого уравнения и, соответственно, положение цели i -го автомата в k -й партии определяется выражением $\hat{s}_i^{(k)} = 7r_i - \sum_{j=1}^{i-1} s_j^{(k)} - \sum_{j=i+1}^7 s_j^{(k)}$, $i = 1, 2, \dots, 7$.

Если оценки игроков в первой партии игры (начальные значения) были равны $s_1^{(1)} = 70$, $s_2^{(1)} = 60$, $s_3^{(1)} = 50$, $s_4^{(1)} = 40$, $s_5^{(1)} = 30$, $s_6^{(1)} = 20$, $s_7^{(1)} = 10$ (версия 1), то графики изменения их стратегий будут выглядеть так, как показано на рис. 1.

Из рис. 1 видно, что к двенадцатой партии игроки практически сошлись к ситуации равновесия по Нэшу. Причем наблюдается совпадение аналитически полученных значений равновесных стратегий со значениями, полученными при проведении имитационной игры.

На рис. 2 представлен график изменения результирующей оценки экспертизы проекта.

Для случая, когда значения истинных оценок игроков $\{r_i\}$, $i = 1, 2, \dots, 7$, были приняты другими, $r_1 = 80$, $r_2 = 70$, $r_3 = r_4 = r_5 = 40$, $r_6 = 30$, $r_7 = 20$ (вариант 2), изменения стратегий игроков представлены на рис. 3.

Отсюда видно, что у первых двух игроков равновесные оценки вышли на верхнюю границу допустимого диапазона, у последних двух – на нижнюю границу допустимого диапазона, а равновесная оценка третьего, четвертого и пятого игроков соответственно равны $s_3^* = 41$, $s_4^* = 21$, $s_5^* = 16$, и сумма этих оценок равна 78. Таким образом, подтверждается известный факт, что возможно существование нескольких ситуаций равновесия по Нэшу.

Для иных начальных значений $s_1^{(1)} = 80$, $s_2^{(1)} = 70$, $s_3^{(1)} = 40$, $s_4^{(1)} = 40$, $s_5^{(1)} = 40$, $s_6^{(1)} = 30$, $s_7^{(1)} = 20$ (версия 2) стратегии игроков сводятся к другой ситуации равновесия по Нэшу (рис. 4).

Из рис. 4 видно, что равновесная оценка третьего, четвертого и пятого игроков соответственно равны $s_3^* = 31$, $s_4^* = 21$, $s_5^* = 26$, и сумма всех оценок также равна 78.

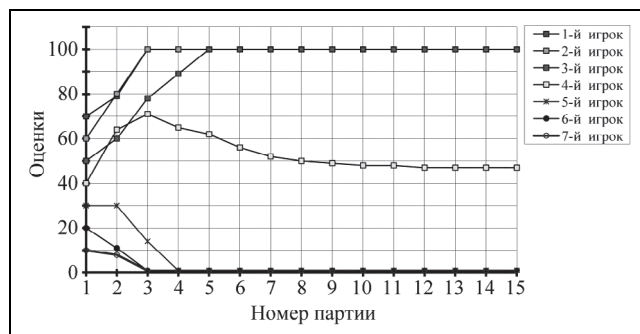


Рис. 1. Графики изменения стратегий игроков, участвующих в экспертизе (случай 1, вариант 1, версия 1)

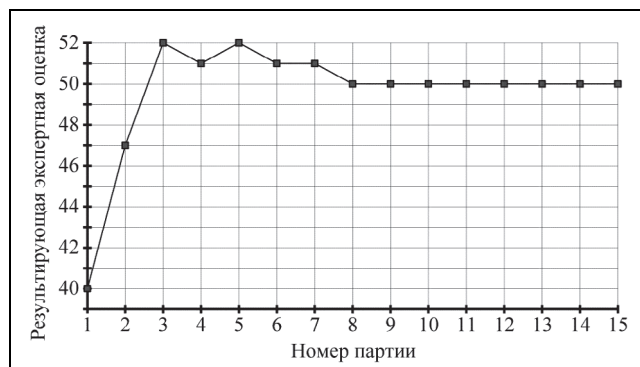


Рис. 2. График изменения результирующей оценки (случай 1, вариант 1, версия 1)

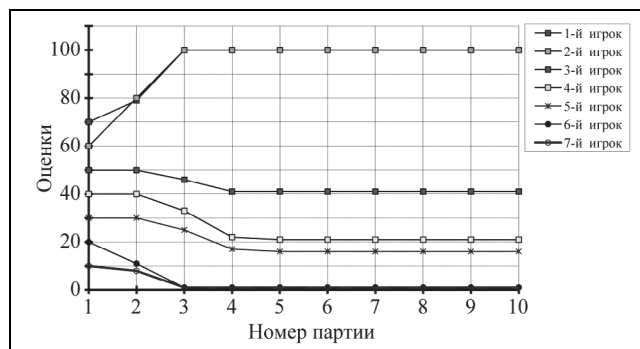


Рис. 3. Графики изменения стратегий игроков (случай 1, вариант 2, версия 1)

График изменения результирующей экспертной оценки при различных начальных значениях оценки в первой партии (версия 1 и версия 2) представлен на рис. 5.

Как видно из этого графика, результирующая экспертная оценка в ситуации равновесия по Нэшу для обеих версий одна и та же, но сходимость к этой оценке осуществляется разными путями.

Случай 2. Заинтересованность экспертов в повышении своего рейтинга. Пусть рейтинг игроков рассчитывается по десятибалльной шкале. Максимальный рейтинг равен M , а минимальный рейтинг равен m . Если в экспертизе принимает участие n экспертов, то целевая функция i -го эксперта имеет вид [8]

$$f_i = M - \frac{n^2(M-m)}{(n-1)^2(D-d)^2} [s_i - \pi(s)]^2, \quad i = 1, 2, \dots, 7. \quad (4)$$

Нетрудно видеть, что $f_{i\max} = 10$, а $f_{i\min} = 1$.

Из (4) следует, что собственное мнение эксперта о проекте не играет никакой роли в определении

рейтинга эксперта. Равновесная ситуация по Нэшу, которая обеспечивает максимальный рейтинг экспертам, соответствует условиям

$$s_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n s_k, \quad i = 1, 2, \dots, 7. \quad (5)$$

что любая ситуация

$$s_1^* = s_2^* = \dots = s_7^* = c = \text{const} \quad (5)$$

равновесна по Нэшу.

Для семи участников игрового эксперимента при заданной шкале $d = 1$, $D = 100$, максимальному рейтингу, равному $M = 10$, и минимальному рейтингу, равному $m = 1$, целевая функция (4) может быть переписана в виде

$$f_i = 10 - \frac{49}{39204} [s_i - \pi(s)]^2.$$

Положение цели q -го автомата в k -й партии определяется из решения уравнения

$$\hat{s}_q = \frac{\sum_{i=1}^{q-1} s_i^{(k)} + \hat{s}_q + \sum_{i=q+1}^n s_i^{(k)}}{n}, \quad i = 1, \dots, 7.$$

Отсюда же следует

$$\hat{s}_q = \frac{\sum_{i=1}^{q-1} s_i^{(k)} + \sum_{i=q+1}^n s_i^{(k)}}{n-1}, \quad i = 1, \dots, 7. \quad (6)$$

Как известно, значения равновесных стратегий зависят от начальных значений оценок в первой партии игры.

Стратегии игроков для начальных значений оценок версии 1 представлены на рис. 6.

Отсюда видно, что равновесные оценки игроков принимают значения, равные $s_1^* = 41$, $s_2^* = 41$, $s_3^* = 42$, $s_4^* = 40$, $s_5^* = 40$, $s_6^* = 40$, $s_7^* = 39$, а результирующая оценка равна 40.

Заметим, что теоретический анализ модели показал, что в ситуации равновесия должно вы-

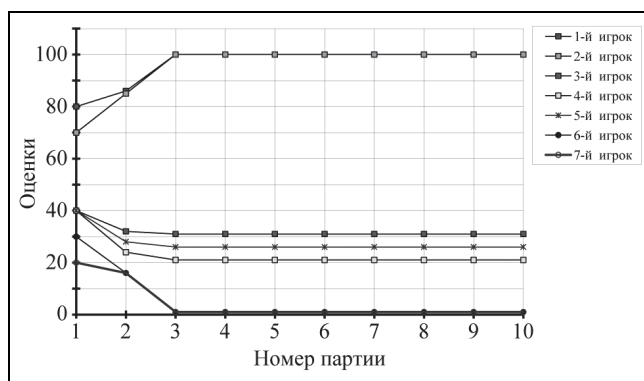


Рис. 4. Графики изменения стратегий игроков (случай 1, вариант 2, версия 2)

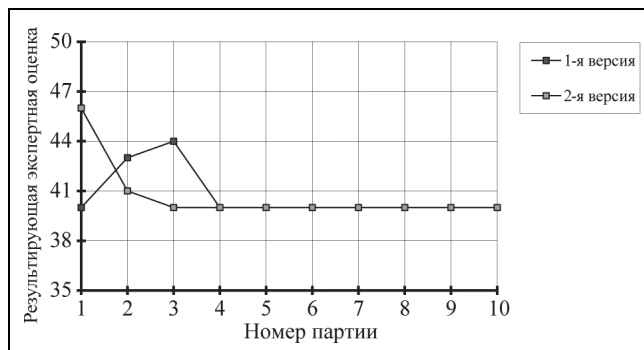


Рис. 5. Графики изменения результирующей экспертной оценки (случай 1, вариант 2, версия 1 и 2)

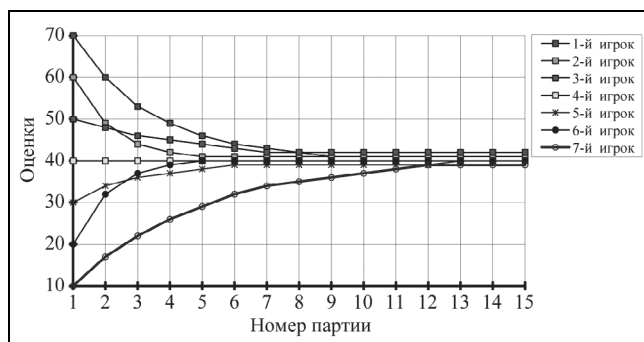


Рис. 6. Графики изменения стратегий игроков (случай 2, вариант 2, версия 2)

полняться условие (5), то есть должно выполняться равенство $s_1^* = s_2^* = s_3^* = s_4^* = s_5^* = s_6^* = s_7^* = 40$. Такое расхождение объясняется тем, что по условию проведения экспертизы игроки должны сообщать только целые значения своих оценок, в то время как при реализации гипотезы индикаторного поведения (2) сообщаемые оценки игроков округляются.

Так, например, у третьего игрока в соответствии с (6) в четырнадцатой партии положение цели $s_3^{(14)} = 40$. В соответствии с (2) в пятнадцатой партии его оценка должна быть равна $s_3^{(15)} = 42 + 0,2 \times (40 - 42) = 41,6$. Но, округляя это значение, игрок сообщает оценку, равную 42.

С помощью игрового эксперимента показано, что при различных начальных значениях оценок в первой партии игры оценки будут сходиться в разные равновесные ситуации. Действительно, для начальных значений оценок в первой партии игры, равных $s_1 = 100, s_2 = 85, s_3 = 70, s_4 = 55, s_5 = 40, s_6 = 25, s_7 = 10$ (версия 3), стратегии игроков изменяются так, как показано на графике на рис. 7.

Из рис. 7 видно, что равновесные оценки игроков принимают значения, равные $s_1^* = 55, s_2^* = 55, s_3^* = 56, s_4^* = 55, s_5^* = 55, s_6^* = 56, s_7^* = 53$, а результирующая оценка равна 55.

График изменения рейтинга игроков для начальных значений оценок в первой партии (версия 1) показан на рис. 8.

Если же начальные значения оценок в первой партии игры равны $s_1 = s_2 = s_3 = s_4 = s_5 = 100, s_6 = s_7 = 1$ (версия 4), то для этого случая график изменения рейтинга игроков показан на рис. 9.

Как в первом, так и во втором случае рейтинг экспертов достиг максимального значения, но в первом случае результирующая экспертная оценка равна 55, а во втором – 71.

Случай 3. Заинтересованность экспертов в достижении результирующей оценки, близкой к собственной, и повышении своего рейтинга. Будем считать, что эксперты одновременно стремятся отстоять свое мнение и не понизить свой рейтинг. В этом случае целевую функцию i -го игрока можем записать в виде [8]

$$f_i = \alpha [r_i - \pi(s)]^2 + \beta \frac{n^2 (M - m)}{(n - 1)^2 (D - d)^2} [s_i - \pi(s)]^2, \quad i = 1, \dots, 7. \quad (7)$$

Коэффициент α характеризует заинтересованность игрока в том, чтобы результирующая оценка была как можно ближе к его истинной оценке проекта. Соответственно, коэффициент β показывает заинтересованность эксперта в повышении своего рейтинга, то есть в том, чтобы сообщенная им оценка совпала с результирующим мнением всех экспертов, участвующих в оценке проекта.

Для целевой функции эксперта, определяемой выражением (7), положение цели i -го автомата в k -й партии описывается решением уравнения

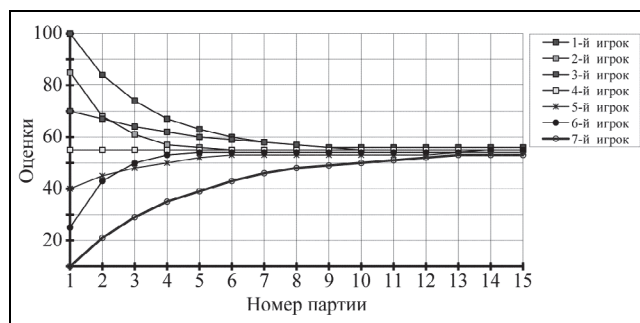


Рис. 7. Графики изменения стратегий игроков (случай 2, вариант 1, версия 3)

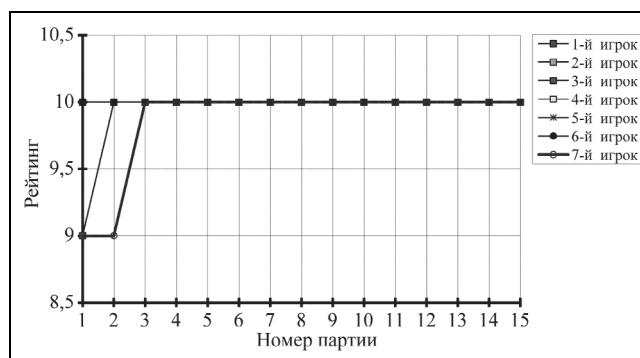


Рис. 8. Графики изменения рейтинга игроков (случай 2, вариант 1, версия 3)

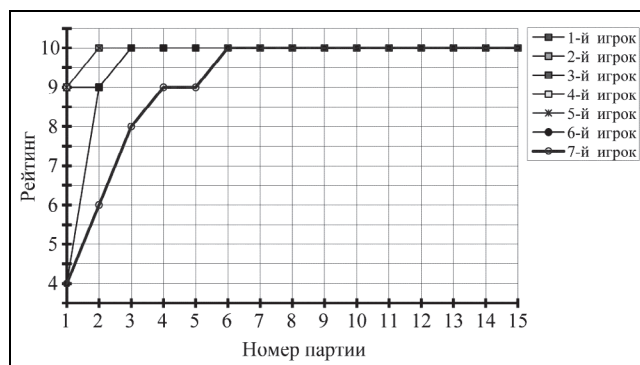


Рис. 9. Графики изменения рейтинга игроков (случай 2, вариант 1, версия 4)

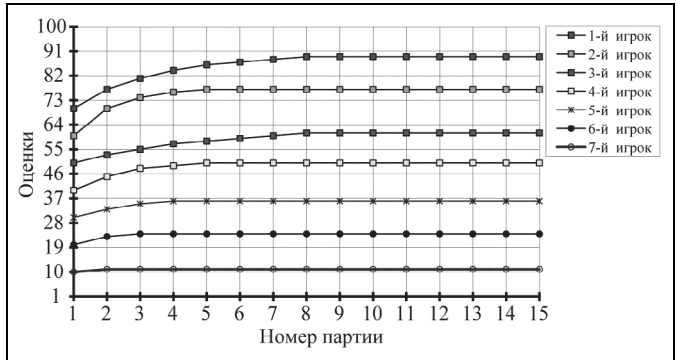
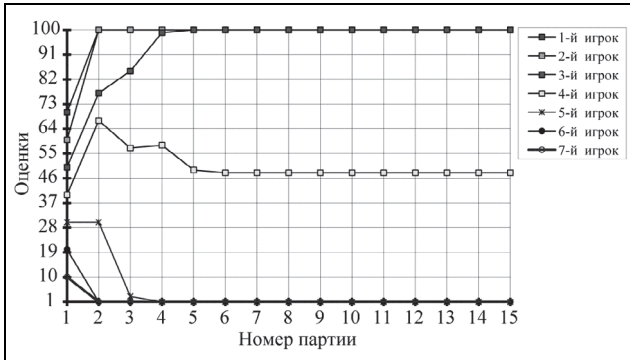


Рис. 10. Графики изменения стратегий игроков (случай 3, вариант 1, версия 1, $\alpha = \beta = 1$)

Рис. 11. Графики изменения стратегий игроков (случай 3, вариант 1, версия 1, $\alpha = 1, \beta = 100$)

$$\frac{\partial f_i^{(k)}}{\partial s_i^{(k)}} = -2\alpha \left[r_i - \pi(s^{(k)}) \right] \frac{\partial \pi}{\partial s_i^{(k)}} + 2\beta \frac{n^2 (M - m)}{(n-1)^2 (D-d)^2} \left[s_i^{(k)} - \pi(s^{(k)}) \right] \left(1 - \frac{\partial \pi}{\partial s_i^{(k)}} \right) = 0, \quad i = 1, \dots, 7.$$

Решение этого уравнения определяется выражением

$$\hat{s}_i = \frac{\alpha n r_i (n-1)(D-d)^2 - \left[\alpha (n-1)(D-d)^2 - \beta n^2 (M-m) \right] S_i^{(k)}}{\alpha (D-d)^2 + \beta n^2 (M-m)}, \quad i = 1, \dots, 7,$$

где $S_i^{(k)} = \sum_{j=1}^n s_j^{(k)} - s_i^{(k)}, i = 1, \dots, 7.$

Сначала рассмотрим случай, когда $\alpha = \beta = 1$, то есть для игрока одинаково важно, чтобы результирующая экспертная оценка мало отличалась от его истинной оценки состояния проекта и разница между оценкой, сообщенной игроком, и результирующей экспертной оценкой также была бы мала. Стратегии игроков представлены на рис. 10.

Из рис. 10 видно, что первый, второй и третий игроки выходят на верхнюю границу, а пятый, шестой и седьмой – на нижнюю границу.

Для $\alpha = 1, \beta = 100$ график изменения стратегий приведен на рис. 11.

Сравнение графиков на рис. 10 и 11 показывает, что одинаковое отношение игроков к совпадению результирующей экспертной оценки с его истинной оценкой и своему рейтингу приводит к тому, что оценки большинства игроков выходят на верхние и нижние значения шкалы.

В то же время в ситуации равновесия оценки игроков не выходят на границы шкалы, если важность рейтинга для игроков в сто раз превышает важность совпадения результирующей экспертной оценки с его истинной оценкой.

- Организация имитационных игр позволяет достаточно точно оценить научно-технические проекты путем проведения различных процедур формирования итоговой экспертной оценки, а также оценить компетентность и добросовестность специалистов, приглашенных для экспертизы проектов. Кроме того, имитационные игры дают возможность экспериментально оценивать эффективность исследуемых экспертных механизмов и оперативно получать информацию о поведении экспертов как при изменении самого механизма, так и при изменении их целей.

Игровые эксперименты с моделью механизма экспертизы позволяют получить и сравнить результаты экспертного анализа при различных целевых функциях игроков-экспертов:

заинтересованности в достижении результирующей оценки, близкой к собственной;
стремлению к повышению своего рейтинга;

одновременном стремлении как к достижению результирующей оценки, близкой к собственной, так и к повышению своего рейтинга.

Анализ результатов имитационной игры позволяет Центру научно обоснованно формировать команду экспертов при решении сложных научно-технических проектов в реальной жизни, давая возможность им получать необходимые навыки экспертного поведения.

Литература

1. Бабкин В.Ф., Баркалов С.А., Щепкин А.В. Деловые имитационные игры в организации и управлении: Учеб. пособие. Воронеж: ВГАСУ. 2004. 207 с.
2. Пузырев С.А. Исследование механизмов управления методом деловых игр // Вестник Южно-Уральского гос. ун-та. 2016. Т. 16. № 3. С. 110–119.
3. Минаев В.А., Платонова Н.А., Погребова Е.С. Методика анализа качества региональной инфраструктуры индустрии туризма и туристского сервиса // Вестник Ассоциации вузов туризма и сервиса. 2014. Т. 8. № 2. С. 38–48.
4. Бурков В.Н. Основы математической теории активных систем. М.: Наука. 1977. 256 с.
5. Опоицев В.И. Равновесие и устойчивость в моделях коллективного поведения. М.: Наука. 1977. 248 с.
6. Бурков В.Н., Опоицев В.И. Метаигровой подход к управлению иерархическими системами // Автоматика и Телемеханика. 1974. № 1. С. 103–114.
7. Щепкин А.В. Внутрифирменное управление (модели и методы). М.: ИПУ РАН. 2001. 80 с.
8. Colella V. Participatory Simulations: Building Collaborative Understanding Through Immersive Dynamic Modeling // Journal of the Learning Sciences. 2000. № 9(4). P. 471–500.
9. Hickey D., Ingram-Goble A., Jameson E. Designing assessments and assessing designs in virtual educational environments // Journal of Science Education and Technology. 2009. № 18(2). P. 187–208.
10. Honey M.A., Hilton M.L. Learning Science Through Computer Games and Simulations. Washington: The National Academies Press. 2011. 162 p.
11. Lindgren R., Schwartz D.L. Spatial Learning and Computer Simulations in Science // International Journal of Science Education. 2009. № 31(3). P. 419–438.
12. Shute V.J., Masduki I., Donmez O., Dennen V.P., Kim Y.-J., Jeong A.C., Wang C.-Y. Modeling, Assessing and Supporting Key Competencies Within Game Environments // In «Computer based Diagnostics and Systematic Analysis of Knowledge» / Ed. by D. Ifenthaler, P. Pirnay-Dummer, N.M. Seel. New York: Springer-Verlag. 2009. P. 281–310.

Поступила 11 августа 2017 г.

Simulation game analysis of scientific and technical projects assessment mechanism with participation of active experts

© Authors, 2017
© Radiotekhnika, 2017

B.N. Korobets – Ph. D. (Jurid), Associate Professor, Bauman Moscow State Technical University

E-mail: korobetz@mail.ru

V.A. Minaev – Dr. Sc. (Eng.), Professor, Bauman Moscow State Technical University

M.P. Sychev – Dr. Sc. (Eng.), Professor, Bauman Moscow State Technical University

A.V. Schepkin – Employee, V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of RAS (Moscow)

E-mail: av_shch@mail.ru

Description of game experiments with the scientific and technical projects expert assessment model based on different criterion functions of active experts is given. Each batch of the simulation game consists of three stages: the stage of gathering information – each player informs the host of the game his evaluation of the project; the information processing stage – determination of values of the resulting evaluation; the stage of summarizing – players calculate of their target functions values. The game ends when the players' strategies converge on Nash equilibrium. A formal game model of the project expertise mechanism is described. The role of the lead game is performed by the Center, which is responsible for the quality and timeliness of the evaluation of the scientific and technical project. For the expert evaluation of the project, the rating scale is set with the minimum and maximum values. In determining the resulting score, the Center calculates the arithmetic mean of the estimates received from the players. The goal of the expert is to select a strategy of behavior that will minimize its objective function. In experiments players' functions were performed by automata (software implementation of corresponding algorithm of player's behavior). The behavior of the automaton in accordance with the hypothesis of indicator behavior was considered. Gaming experiments with the model allows to obtain and compare results of expert analysis for various objective functions of players: to achieve a resultant estimate close to own; to increase own rating; simultaneous aspiration both for achievement of the resultant estimation, close to own, and to increase of the own rating. It is shown that presence of own expert's purposes has significant effect on results of expertise. Analysis of results of the simulation game allows the Center to scientifically justify of formation expert's team for solving complex scientific and technical projects in real life, enabling them to obtain the necessary skills of expert behavior. The article is accompanied by the necessary number of figures, which confirm the coincidence of analytically obtained values of equilibrium strategies with the values obtained

during the simulation game. It is convincingly shown that simulation games make it possible to experimentally evaluate the effectiveness of various expert mechanisms and promptly obtain information about the behavior of experts both when the mechanism itself changes and when the players' goals change.

References

1. Babkin V.F., Barkalov S.A., Shhepkin A.V. Delovye imitatsionnye igrы v organizatsii i upravlenii: Ucheb. posobie. Voronezh: VGASU. 2004. 207 s.
2. Puzyrev S.A. Issledovanie mexanizmov upravleniya metodom delovyx igr // Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gos. un-ta. 2016. T. 16. № 3. S. 110–119.
3. Minaev V.A., Platonova N.A., Pogrebova E.S. Metodika analiza kachestva regional'noj infrastruktury' industrii turizma i turistskogo servisa // Vestnik Assotsiatsii vuzov turizma i servisa. 2014. T. 8. № 2. S. 38–48.
4. Burkov V.N. Osnovy' matematicheskoy teorii aktivny'x sistem. M.: Nauka. 1977. 256 s.
5. Opojczev V.I. Ravnovesie i ustojchivost' v modelyax kollektivnogo povedeniya. M.: Nauka. 1977. 248 s.
6. Burkov B.H., Opojczev V.I. Metaigrovoy podxod k upravleniyu ierarhicheskimi sistemami // Avtomatika i Telemexanika. 1974. № 1. S. 103–114.
7. Shhepkin A.V. Vnutrifirmennoe upravlenie (modeli i metody). M.: IPU RAN. 2001. 80 s.
8. Colella V. Participatory Simulations: Building Collaborative Understanding Through Immersive Dynamic Modeling // Journal of the Learning Sciences. 2000. № 9(4). P. 471–500.
9. Hickey D., Ingram-Goble A., Jameson E. Designing assessments and assessing designs in virtual educational environments // Journal of Science Education and Technology. 2009. № 18(2). P. 187–208.
10. Honey M.A., Hilton M.L. Learning Science Through Computer Games and Simulations. Washington: The National Academies Press. 2011. 162 p.
11. Lindgren R., Schwartz D.L. Spatial Learning and Computer Simulations in Science // International Journal of Science Education. 2009. № 31(3). P. 419–438.
12. Shute V.J., Masduki I., Donmez O., Dennen V.P., Kim Y.-J., Jeong A.C., Wang C.-Y. Modeling, Assessing and Supporting Key Competencies Within Game Environments // In «Computer based Diagnostics and Systematic Analysis of Knowledge» / Ed. by D. Ifenthaler, P. Pirnay-Dummer, N.M. Seel. New York: Springer-Verlag. 2009. P. 281–310.

Уважаемые читатели!

В Издательстве «Радиотехника» Вы можете приобрести книгу



ОБРАБОТКА РЕЧЕВЫХ И АКУСТИЧЕСКИХ БИМЕДИЦИНСКИХ СИГНАЛОВ НА ОСНОВЕ ВЕЙВЛЕТОВ

Автор: Горшков Ю.Г.

Изложены новые перспективные методы обработки речевых и акустических биомедицинских сигналов на основе вейвлетов, аппаратно-программные средства для решения прикладных задач криминалистического исследования фонограмм, оценки эмоционального состояния человека, шумоочистки и засекречивания речи, а также построения биомедицинских систем диагностики заболеваний сердца и легких.

Основное внимание уделено разработке вейвлет-технологий высокоточного анализа речевых и акустических биомедицинских сигналов. Впервые предложены решения многоуровневого вейвлет-преобразования, обеспечивающие визуализацию нестационарных сигналов с повышенным частотно-временным разрешением. Рассмотрены средства защиты речевой информации, приводятся алгоритмы и программные средства засекречивания речевых и акустических биомедицинских сигналов на вейвлетах. Представлена система телемедицины нового поколения с засекречиванием акустических биомедицинских сигналов.

Для ученых и инженеров, работающих над созданием средств обработки биомедицинских сигналов на новых принципах. Может быть полезна преподавателям, аспирантам и студентам технических вузов.

По вопросам заказа и приобретения книг обращаться по адресу: 107031 г. Москва, Кузнецкий мост, 20/6
Тел./факс (495) 625-92-41, тел.: (495) 625-78-72, 621-48-37

Полный перечень книг, выпускаемых Издательством «Радиотехника», размещен на сайте
<http://www.radiotec.ru>; e-mail: info@radiotec.ru

Инструментальное программное обеспечение анализа и синтеза стохастических систем высокой доступности (IV)*

© Авторы, 2017

© ООО «Издательство «Радиотехника», 2017

И.Н. Сеницын – д.т.н., профессор, гл. науч. сотрудник, ФИЦ «Информатика и управление» РАН (Москва)
E-mail: sinitsin@dol.ru

И.В. Сергеев – к.т.н., зам. директора ФИЦ «Информатика и управление» РАН (Москва)
E-mail: isergeev@ipiran.ru

Э.Р. Корепанов – к.т.н., зав. отделом, ФИЦ «Информатика и управление» РАН (Москва)
E-mail: ekorepanov@ipiran.ru

Т.Д. Конашенкова – вед. программист, ФИЦ «Информатика и управление» РАН (Москва)
E-mail: tkonashenkova@ipiran.ru

Рассмотрены вопросы инструментального обеспечения аналитического и статистического моделирования нестационарных случайных функций (СФ) посредством вейвлет-канонических разложений (КРВЛ). Приведены тестовые примеры. Изучены вопросы применения к задачам оценки ударонадежности вычислительного оборудования.

Ключевые слова: аналитическое моделирование, вейвлет-каноническое разложение (КРВЛ), каноническое разложение случайной функции (КРСФ), ковариационная функция, нестационарная СФ, статистическое моделирование, стохастические системы высокой доступности (СтСВД).

Problems of software tools in MATLAB based on wavelet canonical expansions for analytical and statistical modeling are considered. Test examples are given. Shock safety computer means are discussed.

Keywords: analytical modeling, canonical expansion of random function, covariance function, nonstationary random function, software tools, statistical modeling, stochastic systems with high availability, wavelet canonical expansion.

В [1–3] опубликован тематический цикл статей, посвященных инструментальному программному обеспечению в среде MATLAB для анализа и синтеза стохастических систем высокой доступности (СтСВД) на базе канонических разложений случайных функций (КРСФ). Проблема повышения оперативности решения задач моделирования случайных функций (СФ) в СтСВД требует разработки экспресс-методов. В [4, 5] показано, что одним из эффективных методов ускорения моделирования является использование КРСФ на базе вейвлет-методов.

Ц е л ь р а б о т ы – рассмотрены вопросы инструментального обеспечения аналитического и статистического моделирования нестационарных СФ посредством вейвлет-канонических разложений (КРВЛ).

1. Элементы теории вейвлетов [7, 8]

Вейвлеты – это функции типа маленькой волны (всплески), которые порождают базисы пространства $L^2(\mathbb{R})$, удобные для обработки сигналов. Пример подобного базиса известен с начала прошлого столетия – это базис Хаара.

Построим в пространстве $L^2(\mathbb{R})$ ортонормированный базис Хаара. Он определяется на основе функции прямоугольной волны

$$\phi(x) = \begin{cases} 1, & x \in [0, 1), \\ 0, & \text{для других } x, \end{cases} \quad (1.1)$$

а процедуру построения базиса Хаара проведем в несколько этапов.

Сначала определим возрастающую последовательность подпространств $L^2(\mathbb{R})$, в пределе имеющую все пространство $L^2(\mathbb{R})$. На основе этой последовательности будут естественным образом вво-

* Статья продолжает тематический цикл статей, посвященных инструментальному программному обеспечению анализа и синтеза стохастических систем высокой доступности.

даться пространства вейвлетов и сами вейвлеты Хаара. Далее рассмотрим систему функций, полученную из $\phi(x)$ целочисленными сдвигами:

$$\phi_{0,n}(x) = \phi(x-n), \quad n \in \mathbb{Z}. \quad (1.2)$$

Обозначим через V_0 пространство в $L^2(\mathbb{R})$, порожденное линейными комбинациями таких сдвигов (V_0 – замыкание линейной оболочки системы $\phi_{0,n}(x)$, $n \in \mathbb{Z}$). Система $\{\phi_{0,n}(x)\}$ образует ортонормированный базис пространства V_0 .

Теперь рассмотрим масштабированные сдвиги $\phi(2x-n)$. Они получаются из $\phi(2x)$ сдвигами на $n/2$: $\phi(2x-n) = \phi\left[2\left(x-\frac{n}{2}\right)\right]$. Носитель функции стал в два раза меньше: $\text{supp}[\phi(2x-n)] = \left[\frac{n}{2}, \frac{n+1}{2}\right]$, где

$$0 \leq 2x-n < 1, \quad \frac{n}{2} \leq x < \frac{n+1}{2}. \quad \text{Поэтому } \|\phi\|^2 = \int_{-\infty}^{\infty} \phi^2(2x-n) = \frac{1}{2}. \quad \text{Если умножить такие функции на } \sqrt{2}, \text{ то}$$

все они будут единичной нормы.

Рассмотрим систему функций

$$\phi_{1,n}(x) = \sqrt{2}\phi(2x-n), \quad n \in \mathbb{Z}, \quad (1.3)$$

и пространство V_1 , порожденное ими.

Система $\{\phi_{1,n}(x)\}$ образует ортонормированный базис пространства V_1 , причем $V_0 \subset V_1$. Порождающая функция $\phi(x)$ пространства V_0 выражается в виде линейной комбинации элементов пространства V_1 : $\phi(x) = \phi(2x) + \phi(2x+1) = \frac{1}{2}\phi_{1,0}(x) + \frac{1}{\sqrt{2}}\phi_{1,1}(x) = \sum_n h_n \phi_{1,n}(x)$, где ненулевые h_n только такие: $h_0 = h_1 = 1/\sqrt{2}$.

Далее рассмотрим пространство V_2 , порожденное функциями

$$\phi_{2,n}(x) = 2\phi(2^2x-n), \quad n \in \mathbb{Z}, \quad (1.4)$$

полученными из функции $2\phi(4x)$ сдвигами на $n/4$ по оси Ox . Носитель, $\text{supp}(\phi_{2,n}) = \left[n/2^2, (n+1)/2^2\right]$, есть отрезок длины $1/4$. Система $\{\phi_{2,n}(x)\}$ образует ортонормированный базис пространства V_2 , причем $V_1 \subset V_2$. Продолжая эту процедуру, для любого $j \in \mathbb{N}$ рассмотрим систему функций

$$\phi_{j,n}(x) = \sqrt{2^j}\phi(2^jx-n). \quad (1.5)$$

Это ортонормированная система функций, $\text{supp}(\phi_{j,n}) = \left[n/2^j, (n+1)/2^j\right]$, все функции системы получаются из $\sqrt{2^j}\phi(2^jx)$ сдвигами на $n/2^j$ по оси Ox . Пусть V_j – пространство, порожденное системой функций $\phi_{j,n}(x) = \sqrt{2^j}\phi(2^jx-n)$. Имеют место следующие включения: $V_0 \subset V_1 \subset V_2 \subset \dots \subset V_j$.

Продолжая этот процесс до бесконечности, получим бесконечную систему вложенных подпространств $V_j \subset L^2(\mathbb{R})$: $V_0 \subset V_1 \subset V_2 \subset \dots \subset V_j$. В каждом пространстве V_j выделен ортонормированный базис $\{\phi_{j,n}(x)\}$. Линейные комбинации функций вида $\{\phi_{j,n}(x)\}\phi_{j,n}(x)$, $j, n \in \mathbb{Z}$ являются кусочно-

постоянными функциями. Поскольку последние образуют плотное множество в $L^2(\mathbb{R})$, то $\overline{\bigcup_{j=0}^{\infty} V_j} = L^2(\mathbb{R})$,

где черта сверху обозначает замыкание.

Для каждого $j \in \mathbb{Z}$ рассмотрим оператор ортогонального проектирования пространства $L^2(\mathbb{R})$ на подпространство V_j :

$$P_j : L^2(\mathbb{R}) \rightarrow V_j, \quad P_j(f) = \sum_{n \in \mathbb{Z}} (f, \phi_{j,n}) \phi_{j,n}(x). \quad (1.6)$$

Отметим, что здесь не возникает вопроса о сходимости ряда, так как в любой точке $j \in \mathbb{Z}$ сумма состоит из одного ненулевого слагаемого, поскольку промежутки, на которых функции $\phi_{j,n}(x)$ отличны от нуля, при различных n не пересекаются. Очевидно, что операторы $P_j : L^2(\mathbb{R}) \rightarrow V_j$ линейны и непрерывны, причем для любого $j \in \mathbb{Z}$ $P_j P_{j+1} = P_j$.

Проекции $P_j(f)$ являются приближениями функции $f(x)$, все более точными при увеличении j . Интересно сравнить два последовательных приближения. С этой целью рассмотрим разность $P_{j+1}(f) - P_j(f)$. Эта разность лежит в V_{j+1} и ортогональна к $V_j \subset V_{j+1}$, то есть она принадлежит ортогональному дополнению W_j к пространству V_j до V_{j+1} . Рассмотрим ортогональное разложение

$$V_{j+1} = V_j \oplus W_j. \quad (1.7)$$

Точное приближение $P_{j+1}(f)$ в пространстве V_{j+1} получается как сумма приближения $P_j(f)$ и дополнительного слагаемого $P_j^W(f)$, отражающего уточнения при переходе $P_j(f)$ к $P_{j+1}(f)$:

$$P_{j+1}(f) = P_j(f) + P_j^W(f). \quad (1.8)$$

Выясним, какими функциями порождается W_j . Поскольку все пространства V_j получены из V_0 изменением масштаба, то естественно сначала изучить пространства W_0 – ортогональное дополнение к V_0 в пространстве V_1 ($V_1 = V_0 \oplus W_0$). Пусть функция $\psi \in W_0$. Тогда она раскладывается по базису $\{\phi_{1,n}(x)\}$ пространства V_1 : $\psi = \sum_n c_n \phi_{1,n}$. Поскольку $\psi \perp V_0$, то для любого n имеем $(\psi, \phi_{0,n}) = 0$. Пространство V_0 входит в V_1 , следовательно, функции $\phi_{0,n}(x)$ также раскладываются по базису $\{\phi_{1,n}(x)\}$ пространства V_1 : $\phi_{0,n} = \sum_k h_k \phi_{1,k}$. Коэффициенты этого разложения – $h_0 = h_1 = 1/\sqrt{2}$,

$$\phi_{0,n} = \frac{1}{\sqrt{2}} \phi_{1,2n} + \frac{1}{\sqrt{2}} \phi_{1,2n+1}. \quad (1.9)$$

Тогда условие ортогональности ψ к V_0 принимает вид $(\psi, \phi_{0,n}) = 0$. Так как $\{\phi_{1,k}\}$ – ортогональный базис, то из последнего равенства имеем $c_{2n} + c_{2n+1} = 0$. Уравнение имеет множество решений. Наиболее простому решению, состоящему из двух ненулевых значений $c_0 = 1/\sqrt{2}$, $c_1 = -1/\sqrt{2}$, соответствует функция

$$\psi(x) = \frac{1}{\sqrt{2}} \phi_{1,0}(x) - \frac{1}{\sqrt{2}} \phi_{1,1}(x) = \phi(2x) - \phi(2x-1) = \begin{cases} 1, & x \in [0, 1/\sqrt{2}), \\ -1, & x \in [1/\sqrt{2}, 1), \\ 0, & x \notin [0, 1), \end{cases} \quad (1.10)$$

называемая вейвлетом Хаара.

Сдвиги $\psi(x-n)$ образуют базис пространства W_0 .

Функции $\psi_{0,n} = \psi(x-n) = \phi_{1,2n} / \sqrt{2} - \phi_{1,2n+1} / \sqrt{2}$ образуют ортонормированную систему в W_0 , каждая функция $\psi_{0,n}$ ортогональна каждой функции $\phi_{0,k}$ и $\psi_{0,n}(x) \in W_0$. Система функций $\{\psi_{0,n}, \phi_{0,n}\}_{n \in \mathbb{Z}}$ образует (новый) ортонормированный базис пространства V_1 . Базис пространства W_0 образуют функции $\psi_{0,n} = \psi(x-n)$. В общем случае, если $V_{j+1} = V_j \oplus W_j$, то ортонормированный базис пространства W_j образуют функции вида

$$\psi_{j,n}(x) = \sqrt{2^j} \psi(2^j x - n). \quad (1.11)$$

Таким образом, справедливы следующие определения:

- 1) элементы пространства W_j называются вейвлетами Хаара;
- 2) функции (1.11) называются базисными вейвлетами;
- 3) функция $\phi(x)$ называется масштабирующей функцией Хаара;
- 4) функция $\psi(x)$ называется материнским вейвлетом.

Выясним, какие функции $\phi(x)$ порождают, подобно функции Хаара, возрастающую последовательность подпространств $\dots \subset V_{-1} \subset V_0 \subset V_1 \subset V_2 \subset \dots$. Если пространство V_0 образовано сдвигами функции $\phi(x)$, а пространство V_1 – сдвигами $\phi(2x-n)$, то для включения $V_0 \subset V_1$ необходимо, чтобы $\phi(x) \in V_0$, то есть чтобы $\phi(x)$ могла быть представлена в виде линейной комбинации функций $\phi(2x-n)$. Далеко не каждая функция обладает таким свойством.

Введем следующие определения:

- 1) функция $\phi(x) \in L^2(\mathbb{R})$ называется масштабирующей, если она может быть представлена в виде

$$\phi(x) = \sqrt{2} \sum_{n \in \mathbb{Z}} h_n \phi(2x - n), \quad (1.12)$$

где числа h_n , $n \in \mathbb{Z}$, удовлетворяет условию

$$\sum_{n \in \mathbb{Z}} |h_n|^2 < \infty; \quad (1.13)$$

- 2) равенство (1.12) называется масштабирующим уравнением;

3) набор $\{h_n\}_{n \in \mathbb{Z}}$ коэффициентов разложения в уравнении (1.12) называется масштабирующим фильтром.

Пусть $\phi(x)$ – масштабирующая функция, тогда аналогично (1.11) образуем следующие функции:

$$\phi_{j,n}(x) = \sqrt{2^j} \phi(2^j x - n), \quad j, n \in \mathbb{Z}. \quad (1.14)$$

Каждая такая функция также является масштабирующей.

Имеет место следующее утверждение: для любых $j, k \in \mathbb{Z}$ справедливо разложение

$$\phi_{j-1,k}(x) = \sum_n h_{n-2k} \phi_{j,n}(x) = \sum_n h_n \phi_{j,n+2k}(x), \quad (1.15)$$

в частности,

$$\phi_{0,k}(x) = \sqrt{2} \sum_n h_{n-2k} \phi(2x-n) = \sum_n h_{n-2k} \phi_{1,n}(x), \quad \phi_{j-1,0}(x) = \sqrt{2} \sum_n h_n \phi_{j,n}(x). \quad (1.16)$$

Для функции Хаара фильтр коэффициентов $\{h_n\}_{n \in \mathbb{Z}}$ состоит из двух ненулевых элементов $h_0 = h_1 = 1/\sqrt{2}$, поэтому его преобразование Фурье имеет вид

$$H_0(\omega) = \frac{1}{\sqrt{2}} \left(\frac{1}{\sqrt{2}} + \frac{1}{\sqrt{2}} e^{-i\omega} \right) = \frac{1}{2} (1 + e^{-i\omega}) = e^{-i\omega/2} \cos(\omega/2). \quad (1.17)$$

Сделаем преобразование Фурье масштабирующего соотношения (1.12). Так как $\phi(2x-n) = \phi[2(x-n/2)]$, то $F[\phi(2x-n)] = 1/2e^{-in\omega/2}F[\phi](\omega/2)$. Поэтому $\hat{\phi}(\omega) = \frac{1}{\sqrt{2}} \sum_{n \in \mathbb{Z}} h_n e^{-in(\omega/2)} \hat{\phi}(\omega/2)$.

Пусть в силу (1.17)

$$H_0(\omega) = \frac{1}{\sqrt{2}} \sum_{n \in \mathbb{Z}} h_n e^{-in\omega}, \quad \hat{\phi}(\omega) = H_0(\omega/2) \hat{\phi}(\omega/2). \quad (1.18), (1.19)$$

Соотношение (1.19) также называется масштабирующим уравнением. Функцию $H_0(\omega)$ будем называть частотной функцией отклика масштабирующей функции $\phi(x)$.

Если функция $\hat{\phi}(\omega)$ непрерывна и интеграл от функции $\phi(x)$ отличен от нуля, то, подставляя в (1.19) значение $\omega=0$, получаем $\hat{\phi}(0) = H_0(0)\hat{\phi}(0)$ и $H_0(0)=1$. В дальнейшем будем нормировать функцию $\phi(x)$ так, чтобы

$$\hat{\phi}(0) = \int_{-\infty}^{\infty} \phi(x) dx = 1. \quad (1.20)$$

Пример «Вейвлеты Добеши».

Основные свойства.

1. Фильтр коэффициентов $\{h_n\}$ разложения $\phi(x) = \sum_n h_n \phi_{1,n}(x)$ состоит из конечного числа вещественных ненулевых членов. Поэтому частотная функция $H_0(\omega) = \sqrt{2}^{-1} \sum_n h_n e^{-in\omega}$ является тригонометрическим многочленом. Если длина носителя $\phi(x)$ равна N , то имеется не более $N+1$ ненулевых коэффициентов h_n .

2. Преобразование Фурье $\hat{\phi}(\omega)$ является ограничением на \mathbb{R} целой аналитической функции экспоненциального типа. В частности, функция $\hat{\phi}(\omega)$ является гладкой класса C^∞ .

3. Из непрерывности $\hat{\phi}(\omega)$ следует, что $\hat{\phi}(0)=1$, а из масштабирующего уравнения $\hat{\phi}(\omega) = H_0(\omega/2)\hat{\phi}(\omega/2)$ вытекает $H_0(0)=1$.

Если требовать N нулевых моментов функции $\psi(x)$, то функция $H_0(\omega)$ имеет вид

$$H_0(\omega) = \left(\frac{1 + e^{-i\omega}}{2} \right)^T T(\omega), \quad (1.21)$$

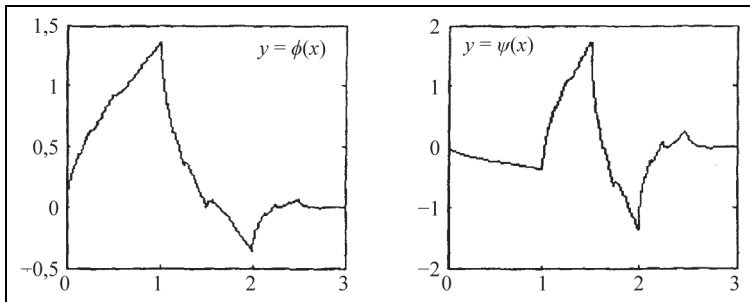
где $T(\omega)$ – тригонометрический полином.

Кроме того, коэффициенты $\{h_n\}_{n \in \mathbb{Z}}$ фильтра вейвлета $\phi(x)$ обладают такими свойствами:

$$\sum_n h_n = \sqrt{2}, \quad \sum_n (-1)^n n^k h_n = 0, \quad k = 0, 1, \dots, N-1. \quad (1.22)$$

Поскольку $\phi(x)$ восстанавливается по функции $H_0(\omega)$ и формуле

$$\hat{\phi}(\omega) = \prod_{j=1}^{\infty} H_0(\omega/2^j), \quad (1.23)$$



Графики вейвлетов Добеши

то построение ортонормированных вейвлетов начинается с нахождения соответствующей функции $H_0(\omega)$.

Такая функция должна удовлетворять соотношению

$$|H_0(\omega)|^2 + |H_0(\omega + \pi)|^2 = 1. \quad (1.24)$$

Далее рассмотрим наиболее простой нетривиальный случай, когда $N = 2$, а тригонометрический полином T имеет

степень 1. Поскольку тригонометрический многочлен $H_0(\omega)$ имеет степень 3, то фильтр коэффициентов $\{h_n\}$ будет иметь четыре ненулевых элемента, а носитель будет иметь длину 3. Учитывая возможность сдвига носителя, потребуем, чтобы функция $\phi(x)$ имела носитель на промежутке $[0, 3]$. Частотная функция $H_0(\omega)$ является тригонометрическим полиномом степени 3:

$$H_0(\omega) = \left(\frac{1 + e^{-i\omega}}{2} \right)^2 T(\omega) = \frac{1}{8} (1 + e^{-i\omega})^2 [1 + \sqrt{3} + (1 - \sqrt{3})e^{-i\omega}], \quad (1.25)$$

$$h_0(\omega) = \frac{1 + \sqrt{3}}{4\sqrt{2}}, \quad h_1(\omega) = \frac{3 + \sqrt{3}}{4\sqrt{2}}, \quad h_2(\omega) = \frac{3 - \sqrt{3}}{4\sqrt{2}}, \quad h_3(\omega) = \frac{1 - \sqrt{3}}{4\sqrt{2}}.$$

Вейвлет-функция $\phi(x)$ строится по формуле (1.25). Она называется вейвлетом Добеши порядка 2 и обозначается символом «db2» (см. рисунок).

2. Алгоритмическое обеспечение моделирования нестационарных случайных функций посредством стохастических вейвлет канонических разложений

В [1, 4] приведены краткие сведения о КРСФ, а также последовательные рекуррентные алгоритмы их построения для типовых ковариационных функций нестационарных СФ.

Дадим развитие алгоритмов построения КРСФ [1, 4, Теорема 5.1] на основе ортонормированных вейвлетов Добеши с компактным носителем [7, 8]. Эти алгоритмы положены в основу информационных технологий (ИТ) аналитического моделирования [1, 4].

Пусть ковариационная функция $K_X(t_1, t_2)$ СФ $X(t)$ задана на интервале $[0, T]$ в дискретных точках $0, 1, 2, \dots, 2 - 1^J = T_J$, где J – натуральное число, $J > 2$. Следуя [7, 8], получим ортогональное разложение ковариационной функции $K_X(t_1, t_2)$, $t_1 \in [0, T]$, $t_2 \in [0, T]$, $t_1, t_2 = 0, 2 - 1^J$, по двумерным вейвлетам Добеши с компактным носителем.

Как известно [4], ковариационная функция скалярной действительной СФ является функцией двух переменных t_1, t_2 , и ее ортогональное разложение по вейвлетам строится в пространстве интегрируемых квадратично $L^2(\mathbb{R}^2)$. Ортонормированный базис вейвлетов в $L^2(\mathbb{R}^2)$ представляет собой тензорное произведение функций, порожденных двумя одномерными базисами вейвлетов:

$$\begin{aligned} \phi_{jkn}^A(t_1, t_2) &= \phi_{jk}(t_1)\phi_{jn}(t_2), & \psi_{jkn}^H(t_1, t_2) &= \phi_{jk}(t_1)\psi_{jn}(t_2), \\ \psi_{jkn}^B(t_1, t_2) &= \psi_{jk}(t_1)\phi_{jn}(t_2), & \psi_{jkn}^D(t_1, t_2) &= \psi_{jk}(t_1)\psi_{jn}(t_2). \end{aligned} \quad (2.1)$$

Здесь введены следующие обозначения для вейвлет-функций:

$$\phi_{jk}(t) = \sqrt{2^j} \phi(2^j t - k), \quad \psi_{jk}(t) = \sqrt{2^j} \psi(2^j t - k), \quad (2.2)$$

где $\phi(t)$ – масштабирующая функция, а $\psi(t)$ – материнский вейвлет.

Разложение ковариационной функции $K_X(t_1, t_2)$ по двумерным вейвлетам имеет вид

$$K_X(t_1, t_2) = \sum_{j=J-n}^{J-1} \sum_{k=0}^{T_j} \sum_{n=0}^{T_j} d_j(k, n) \psi_{jk}(t_1) \psi_{jn}(t_2) + \sum_{j=J-n}^{J-1} \sum_{k=0}^{T_j} \sum_{n=0}^{T_j} h_j(k, n) \phi_{jk}(t_1) \psi_{jn}(t_2) + \sum_{j=J-n}^{J-1} \sum_{k=0}^{T_j} \sum_{n=0}^{T_j} b_j(k, n) \psi_{jk}(t_1) \phi_{jn}(t_2) + \sum_{j=J-n}^{J-1} \sum_{k=0}^{T_{J-N}} \sum_{n=0}^{T_{J-N}} a(k, n) \phi_{J-N,k}(t_1) \phi_{J-N,n}(t_2), \quad (2.3)$$

где введены обозначения: $T_j = 2^j - 1$, $T_{J-N} = 2^{J-N} - 1$,

$$a(k, n) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} K_X(t_1, t_2) \phi_{J-N,k}(t_1) \phi_{J-N,n}(t_2) dt_1 dt_2 = \int_0^T \int_0^T K_X(t_1, t_2) \phi_{J-N,k}(t_1) \phi_{J-N,n}(t_2) dt_1 dt_2, \quad (2.4)$$

$$d_j(k, n) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} K_X(t_1, t_2) \psi_{jk}(t_1) \psi_{jn}(t_2) dt_1 dt_2 = \int_0^T \int_0^T K_X(t_1, t_2) \psi_{jk}(t_1) \psi_{jn}(t_2) dt_1 dt_2, \quad (2.5)$$

$$h_j(k, n) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} K_X(t_1, t_2) \phi_{jk}(t_1) \psi_{jn}(t_2) dt_1 dt_2 = \int_0^T \int_0^T K_X(t_1, t_2) \phi_{jk}(t_1) \psi_{jn}(t_2) dt_1 dt_2, \quad (2.6)$$

$$b_j(k, n) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} K_X(t_1, t_2) \psi_{jk}(t_1) \phi_{jn}(t_2) dt_1 dt_2 = \int_0^T \int_0^T K_X(t_1, t_2) \psi_{jk}(t_1) \phi_{jn}(t_2) dt_1 dt_2. \quad (2.7)$$

Формулы (2.4)–(2.5) упрощены в силу того, что, во-первых, $K_X(t_1, t_2)$ – действительная функция, определенная при $t_1 \in [0, T]$, $t_2 \in [0, T]$ и равная нулю при $t_1 \notin [0, T]$, $t_2 \notin [0, T]$, во-вторых, вейвлеты Добеши – действительные функции; в третьих, уравнения уровня $J - N$ не зависят от j .

Согласно теореме 5.1 из [1, 4], последовательный алгоритм построения КРВЛ СФ $X(t)$ определяет-ся известными формулами декорреляции векторных случайных величин (СВ):

$$A_r = \int_T f_r(t) X(t) dt, \quad r = 1, 2, \dots, \quad D_{V_1} = D_{X_1} = k_{11}, \quad D_{V_v} = k_{vv} - \sum_{\lambda=1}^{v-1} |a_{v\lambda}|^2 D_{V_\lambda}, \quad (2.8), (2.9)$$

$$a_{v1} = k_{v1} (D_{V_1})^{-1}, \quad \dots, \quad a_{v\mu} = \left(k_{v\mu} - \sum_{\lambda=1}^{\mu-1} a_{v\lambda} \overline{a_{\mu\lambda}} D_{V_\lambda} \right) D_{V_1}^{-1}, \quad (2.10)$$

$$k_{22} = |a_{21}|^2 D_{V_1} + D_{V_2}, \quad k_{v1} = a_{v1} D_{V_1}^{-1} + M[V_v \bar{V}_1], \quad \dots, \quad (2.11)$$

$$k_{v\mu} = \sum_{\lambda=1}^{\mu-1} a_{v\lambda} \overline{a_{\mu\lambda}} D_{V_\lambda} + a_{\mu\lambda} D_{V_\lambda} + \sum_{\lambda=1}^{\mu-1} a_{\mu\lambda} + M[V_v \bar{V}_\lambda] + M[V_v \bar{V}_\mu],$$

где $k_{v\mu} = M[V_v \bar{V}_\mu]$, $D_{V_v} = M|V_v|^2$ – дисперсии и взаимные ковариационные моменты СВ V_v , V_μ .

Пусть последовательность вейвлет-функций, то есть ортонормированного вейвлет-базиса $f_r(t)$, выбрана следующим образом:

$$f_1 = \phi_{J-N,0}, \quad f_2 = \phi_{J-N,1}, \quad f_{T_{JN}-1} = \phi_{T_{JN}+1} = \phi_{J-N, T_{JN}}, \quad (2.12)$$

$$f_{T_{JN}+2} = \psi_{J-N,0}, \quad f_{T_{JN}+3} = \psi_{J-N,1}, \quad \dots, \quad f_{2(T_{JN}+1)} = \psi_{J-N, T_{JN}}, \quad (2.13)$$

$$f_{2(T_{JN}+1)+1} = \psi_{J-(N-1),0}, \quad f_{2(T_{JN}+1)+2} = \psi_{J-(N-1),1}, \quad \dots, \quad f_{4(T_{JN}+1)} = \psi_{J-(N-1), 2(T_{JN}+1)-1}, \quad (2.14)$$

$$f_{T_{JN}+1} + \sum_{j=J-N}^{J-(l+1)} 2^j + 1 = \psi_{J-l,0}, \quad f_{T_{JN}+1} + \sum_{j=J-N}^{J-(l+1)} 2^j + 2 = \psi_{J-l,1}, \quad \dots, \quad (2.15)$$

$$f_{T_{JN}+1} + \sum_{j=J-N}^{J-1} 2^j = \psi_{J-l, T_{Jl}}, \quad l = \overline{N-2, 2},$$

$$f_{T_{JN+1}} + \sum_{j=J-N}^{J-2} 2^j = \psi_{J-l,0}, \dots, f_{T_{J+1}} = \psi_{J-1,T_{Jl}}, \quad (2.16)$$

где формулы (2.12) определяют материнский вейвлет уровня N ; (2.13) – вейвлет-функции уровня $J-N$; (2.14) – уровня $J-(N-1)$; (2.15) – уровня $J-1$.

Дисперсии и ковариационные моменты СВ (2.8) вычисляются следующим образом:

$$k_{v\mu} = M[A_v^0 \bar{A}_\mu^0] = \int_0^T \int_0^T f_v(t) f_\mu(s) K_X(t,s) dt ds = \int_0^T \int_0^T f_v(t) f_\mu(s) K_X(t,s) dt ds. \quad (2.17)$$

Если $v, \mu = \overline{1, 2^{J-N}}$, то

$$k_{v\mu} = \int_0^T \int_0^T \phi_{J-N, v-1}(t) \phi_{J-N, \mu-1}(s) K_X(t,s) dt ds = a(v-1, \mu-1). \quad (2.18)$$

Если $v = \overline{1, 2^{J-N}}$, $\mu = \overline{2^{J-N}; 2^{J-N+1}}$, то

$$k_{v\mu} = \int_0^T \int_0^T \phi_{J-N, v-1}(t) \psi_{J-N, \mu-2^{J-N-1}}(s) K_X(t,s) dt ds = h_{J-N}(v-1, \mu-2^{m_{J-N}}-1). \quad (2.19)$$

Если $v = \overline{1, 2^{J-N}}$, $\mu = \overline{R_l+1, R_l 2^{J-l}}$, $R_l = 2^{J-N} + \sum_{j=J-N}^{J-(l+1)} 2^j$, то

$$k_{v\mu} = \int_0^T \int_0^T \phi_{J-N, v-1}(t) \psi_{J-l, \mu-R_l-1}(s) K_X(t,s) dt ds = 0. \quad (2.20)$$

Если $v = \overline{2^{J-N}+1, 2^{J-N+1}}$, $\mu = \overline{1, 2^{J-N}}$, то

$$k_{v\mu} = \int_0^T \int_0^T \psi_{J-N, v-2^{J-N-1}}(t) \phi_{J-N, \mu-1}(s) K_X(t,s) dt ds = b_{J-N}(v-2^{J-N}-1, \mu-1). \quad (2.21)$$

Если $v = \overline{2^{J-N}+1, 2^{J-N+1}}$, $\mu = \overline{2^{J-N}+1, 2^{J-N+1}}$, то

$$k_{v\mu} = \int_0^T \int_0^T \psi_{J-N, v-2^{J-N-1}}(t) \psi_{J-N, \mu-2^{J-N-1}}(s) K_X(t,s) dt ds = d_{J-N}(v-2^{J-N}-1, \mu-2^{J-N}-1). \quad (2.22)$$

Если $v = \overline{2^{J-N}+1, 2^{J-N+1}}$, $\mu = \overline{2^{J-N+1}+1, 2^J}$, то

$$k_{v\mu} = 0. \quad (2.23)$$

Если $v, \mu = \overline{R_l+1, R_l+2^{J-l}}$, $l = N-1, N-2, \dots, 1$, то

$$k_{v\mu} = \int_0^T \int_0^T \psi_{J-l, v-R_l-1}(t) \psi_{J-l, \mu-R_l-1}(s) K_X(t,s) dt ds = d_{J-l}(v-R_l-1, \mu-R_l-1). \quad (2.24)$$

Остальные взаимные ковариационные моменты равны нулю, то есть $k_{v\mu} = 0$.

Далее введем функции

$$z_r(t) = \int_0^T f_r(s) K_X(t,s) ds, \quad r = \overline{1, T_{J+1}}, \quad (2.25)$$

тогда для случаев (2.18)–(2.24) при $r = \overline{1, 2^{J-N}}$ имеем

$$z_r(t) = \int_0^T \phi_{J-N, r-1}(s) K_X(t, s) ds = \sum_{K=0}^{2^{J-N}-1} b_{J-N}(k, r-1) \psi_{J-N, k}(t) + \sum_{K=0}^{2^{J-N}-1} a_{J-N}(k, r-1) \phi_{J-N, k}(t); \quad (2.26)$$

при $r = \overline{2^{J-N} + 1, 2^{J-N+1}}$ имеем

$$z_r(t) = \int_0^T \psi_{J-N, r-2^{J-N}-1}(s) K_X(t, s) ds = \sum_{K=0}^{2^{J-N}-1} d_{J-N}(k, r-2^{J-N}-1) \psi_{J-N, k}(t) + \sum_{K=0}^{2^{J-N}-1} h_{J-N}(k, r-2^{J-N}-1) \phi_{J-N, k}(t); \quad (2.27)$$

при $r = \overline{R_l + 1, R_l + 2^{J-l}}$, $l = N-1, N-2, \dots, 1$ имеем

$$z_r(t) = \int_0^T \psi_{J-l, r-R_l-1}(s) K_X(t, s) ds = \sum_{K=0}^{2^{J-N}-1} d_{J-l}(k, r-R_l-1) \psi_{J-N, k}(t) + \sum_{K=0}^{2^{J-N}-1} h_{J-l}(k, r-R_l-1) \phi_{J-l, k}(t). \quad (2.28)$$

Определим некоррелированные шумы в V_1, V_2, \dots, V_{2^J} следующим образом:

$$A_1^0 = V_1, \quad A_r^0 = -\sum_{v=1}^{r-1} c_{rv} V_v + V_r, \quad r = 2, 3, \dots, 2^J, \quad (2.29)$$

где введены обозначения

$$c_{v1} = -\frac{k_{1v}}{D_1}, \quad v = \overline{2, 2^J}, \quad c_{v\mu} = -\frac{1}{D_\mu} \left(k_{\mu v} - \sum_{\lambda=1}^{\mu-1} D_\lambda c_{\mu\lambda} c_{v\lambda} \right), \quad \mu = \overline{2, v-1}, \quad v = 3, 4, \dots, 2^J, \quad (2.30)$$

$$D_1 = k_{11}, \quad D_v = k_{vv} - \sum_{\lambda=1}^{v-1} D_\lambda |c_{v\lambda}|^2, \quad v = 2, 3, \dots, 2^J. \quad (2.31)$$

При этом

$$D[V_v] = D_v, \quad M[V_v] = 0, \quad v = \overline{1, 2^J}. \quad (2.32)$$

Тогда КР ковариационной функции $K_X(t_1, t_2)$ и СФ $X(t)$ в области ее изменения $[0, T]$ будут иметь вид

$$K_X(t_1, t_2) = \sum_{v=1}^{2^J} D_v x_v(t_1) x_v(t_2). \quad (2.33)$$

При этом координатные функции определяются последовательно формулами

$$X(t) = m_X(t) + \sum_{v=1}^{2^J} V_v x_v(t), \quad x_1(t) = \frac{1}{D_1} z_1(t), \dots, x_v(t) = -\frac{1}{D_v} \left\{ \sum_{\lambda=1}^{v-1} d_{v\lambda} z_\lambda(t) + z_v(t) \right\}, \quad v = \overline{2, 2^J}, \quad (2.34), (2.35)$$

а коэффициенты $d_{n\lambda}$ – формулами

$$d_{n\lambda} = c_{n\lambda} + \sum_{m=\lambda+1}^{n-1} c_{nm} d_{m\lambda}, \quad \lambda = \overline{1, n-2}, \quad d_{n, n-1} = c_{n, n-1}. \quad (2.36)$$

Таким образом, получен вейвлет-алгоритм построения канонического разложения скалярной нестационарной СФ и ее ковариационной функции на основе действительных вейвлетов Добеши с компактным носителем.

Теорема. Пусть выполнены условия [1, 4, теорема 5.1], тогда алгоритм построения КРВЛ по известной ковариационной функции состоит из следующих шагов:

Шаг 1. Определение системы функций $f_r(t)$, $r = 1, 2, \dots$, на основе ортонормированной системы вейвлетов Добеши.

Шаг 2. Вычисление коэффициентов $k_{\nu\mu} = \int_0^T \int_0^T f_\nu(t) f_\mu(s) K_X(t, s) dt ds$, $\nu, \mu = 1, 2, \dots$, на основе ортогонального разложения ковариационной функции $K_X(t_1, t_2)$ по двумерным вейвлетам Добеши.

Шаг 3. Определение вида функций $z_r(t) = \int_0^T f_r(s) K_X(t, s) ds$, $r = 1, 2, \dots$

Шаг 4. Вычисление коэффициентов $c_{\nu\mu}$, $\nu, \mu = 1, 2, \dots$, и дисперсий D_ν , $\nu = 1, 2, \dots$, по формулам (2.30), (2.31).

Шаг 5. Вычисление коэффициентов $d_{n\lambda}$ через $c_{\nu\mu}$ посредством (2.36);

Шаг 6. Определение координатных функций посредством (2.35).

3. Инструментальное программное обеспечение моделирования нестационарных случайных функций посредством стохастических вейвлет канонических разложений

В [1, 4] дан обзор известного программного обеспечения анализа и синтеза СВД на основе КР. В основу инструментального программного обеспечения в среде MATLAB для анализа и синтеза СВД на основе КРВЛ положен алгоритм (теорема) и соответствующие средства MATLAB [7, 8]. В приложении приведены тестовые примеры и базовые алгоритмы для типовых ковариационных функций.

В 2017 г. будет создан модуль «СТИТ-КРВЛ.1».

- На основе теории КРВЛ для ИТ корреляционного анализа и моделирования СФ в системах высокой доступности разработано вейвлет методическое обеспечение.

На базе последовательных рекуррентных алгоритмов построения КРСФ и разработанного вейвлет методического обеспечения в среде MATLAB создано экспериментальное инструментальное программное обеспечение «СТИТ-КРВЛ.1».

На основе разработанного методического и инструментального обеспечения проходят испытания специализированные программные средства для оценки ударонадежности вычислительного оборудования. Разработаны тестовые примеры.

Результаты допускают обобщение на случай векторных нестационарных нормальных (гауссовских) СФ с известными ковариационными функциями или описываемыми соответствующими линейными операторами уравнениями. Особый интерес будут иметь параллельные алгоритмы.

Литература

1. Синицын И.Н., Синицын В.И., Корепанов Э.Р., Белоусов В.В., Конашенкова Т.Д., Семендяев Н.Н., Басилашвили Д.А. Инструментальное программное обеспечение анализа и синтеза систем высокой доступности (I) // Системы высокой доступности. 2009. Т. 5. № 3. С. 4–52.
2. Синицын И.Н., Синицын В.И., Корепанов Э.Р., Белоусов В.В., Конашенкова Т.Д., Сергеев И.В., Семендяев Н.Н., Басилашвили Д.А. Инструментальное программное обеспечение анализа и синтеза систем высокой доступности (II) // Системы высокой доступности. 2010. Т. 6. № 2. С. 4–45.
3. Синицын И.Н. Фильтры Калмана и Пугачева. М.: Логос. 2007.
4. Синицын И.Н. Канонические представления случайных функций и их применения в задачах компьютерной поддержки научных исследований. М.: ТОРУС ПРЕСС. 2009.
5. Pugachev V.S., Sinityn I.N. Lectures on functional analysis and applications. World Scientific. Singapore (2nd ed.). 2017.
6. Синицын И.Н., Сергеев И.В., Корепанов Э.Р., Конашенкова Т.Д. Стохастические канонические вейвлет разложения в задачах моделирования виброударонадежности компьютерного оборудования // XVIII Междунар. науч. конф. «Системы компьютерной математики и их приложения» (СКМП-2017). (Смоленск. 19–21 мая 2017 г.). Смоленск: Изд-во СмолГУ. 2017. С. 123–124.
7. Добеши И. Десять лекций по вейвлетам. Москва–Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика». 2004.
8. Смоленцев Н.К. Основы теории вейвлетов. Вейвлеты в MATLAB. М.: ДМК Пресс. 2005.

9. Синицын И.Н., Сергеев И.В., Агафонов Е.С. применение канонических представлений случайных функций в задачах расчета виброзащитных систем для компьютерного оборудования // Системы компьютерной математики и их приложения. Материалы XI Междунар. науч. конф., посвященной 70-летию профессора В.П. Дьяконова. Смоленск: Изд-во СмолГУ. 2010. № 11. С. 239–241.
10. Синицын И.Н., Сергеев И.В. Методическое обеспечение измерения, контроля и испытаний вычислительного оборудования в условиях ударных воздействий // Труды конф. «Технические и программные средства систем управления, контроля и измерения» (УКИ-2010). М.: ИПУ РАН. 2010. С. 47–56.

Поступила 11 августа 2017 г.

ПРИЛОЖЕНИЕ

П.1. В [9, 10] разработано методическое обеспечение измерения и испытаний вычислительного оборудования в условиях ударных воздействий на базе КРСФ. Для решения задач экспресс-диагностики в [5] на основе КРВЛ предложено соответствующее методические и инструментальное программное обеспечение. Обобщим [5] на случай типовых ковариационных функций вида

$$K_X(t_1, t_2) = \begin{cases} q_1(t_2)q_2(t_1) & \text{при } t_2 < t_1, \\ q_1(t_1)q_2(t_2) & \text{при } t_1 > t_2. \end{cases} \quad (\text{П.1})$$

В [1] приведено 18 тестовых примеров ударных ковариационных функций, описываемых формулой (П.1).

В основу инструментального программного обеспечения модуля «СТИТ-КРВЛ.1» положены следующие допущения.

1. Ковариационная функция (П.1) задана в точках $t_{1,2} = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$.
2. В качестве ортонормированного вейвлет-базиса взят вейвлет Добеши «db1» (вейвлет Хаара).
3. При применении функции wavelet 2 (MATLAB) получено двумерное вейвлет-разложение до уровня 3 (максимально возможное при задании функции в $2^3 \times 2^3$ точках ($J = 3, N = 3$)).
4. Последовательность функций (2.8) $f_r, r = \overline{1, 8}$ имеет вид

$$\begin{aligned} f_1 &= \phi_{0,0}(t) = \phi(t), & f_2 &= \psi_{0,0}(t) = \psi(t), & f_3 &= \psi_{1,0}(t) = \sqrt{2}\psi(2t), \\ f_4 &= \psi_{1,1}(t) = \sqrt{2}\psi(2t-1), & f_5 &= \psi_{2,0}(t) = 2\psi(4t), & f_6 &= \psi_{2,1}(t) = 2\psi(4t-1), \\ f_7 &= \psi_{2,2}(t) = 2\psi(4t-2), & f_8 &= \psi_{2,3}(t) = 2\psi(4t-3), \end{aligned} \quad (\text{П.2})$$

где $\phi(t)$ – масштабирующая функция Добеши «db1»; $\psi(t)$ – материнский вейвлет Добеши «db1».

5. Ковариационные моменты $k_{\nu\mu}$ определяются формулами

$$k_{\nu\mu} = \int_0^7 \int_0^7 f_\nu(t) f_\mu(s) K_X(t, s) dt ds = \begin{bmatrix} a(0,0) & h_0(0,0) & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ b_0(0,0) & d_0(0,0) & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & d_1(0,0) & d_1(0,1) & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & d_1(1,0) & d_1(1,1) & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & d_2(0,0) & d_2(0,1) & d_2(0,2) & d_2(0,3) \\ 0 & 0 & 0 & 0 & d_2(1,0) & d_2(1,1) & d_2(1,2) & d_2(1,3) \\ 0 & 0 & 0 & 0 & d_2(2,0) & d_2(2,1) & d_2(2,2) & d_2(2,3) \\ 0 & 0 & 0 & 0 & d_2(3,0) & d_2(3,1) & d_2(3,2) & d_2(3,3) \end{bmatrix}, \quad \nu, \mu = \overline{1, 8}, \quad (\text{П.3})$$

или подробнее:

$$k_{11} = \int_0^T \int_0^T f_1(t)f_1(s)K_X(t,s)dtds = \int_0^T \int_0^T \phi_{00}(t)\phi_{00}(s)K_X(t,s)dtds = a(0,0), \quad (\text{II.4})$$

$$k_{12} = \int_0^T \int_0^T f_1(t)f_2(s)K_X(t,s)dtds = \int_0^T \int_0^T \phi_{00}(t)\psi_{00}(s)K_X(t,s)dtds = h_0(0,0), \quad k_{1,\mu} = 0, \quad \text{если } \mu = \overline{3,8},$$

$$k_{21} = \int_0^T \int_0^T \psi_{00}(t)\phi_{00}(s)K_X(t,s)dtds = b_0(0,0), \quad k_{22} = \int_0^T \int_0^T \psi_{00}(t)\psi_{00}(s)K_X(t,s)dtds = d_0(0,0), \quad (\text{II.5})$$

$$k_{23} = \int_0^T \int_0^T \psi_{00}(t)\psi_{10}(s)K_X(t,s)dtds = 0, \quad k_{2,\mu} = 0, \quad \text{если } \mu = \overline{3,8},$$

$$k_{31} = \int_0^T \int_0^T \psi_{10}(t)\phi_{00}(s)K_X(t,s)dtds = 0, \quad k_{32} = \int_0^T \int_0^T \psi_{10}(t)\psi_{00}(s)K_X(t,s)dtds = 0,$$

$$k_{33} = \int_0^T \int_0^T \psi_{10}(t)\psi_{10}(s)K_X(t,s)dtds = d_1(0,0), \quad k_{34} = \int_0^T \int_0^T \psi_{10}(t)\psi_{11}(s)K_X(t,s)dtds = d_1(0,1), \quad (\text{II.6})$$

$$k_{35} = \int_0^T \int_0^T \psi_{10}(t)\psi_{20}(s)K_X(t,s)dtds = 0, \quad k_{3,\mu} = 0, \quad \mu = \overline{1,2}, \quad \mu = \overline{5,8},$$

$$k_{43} = \int_0^T \int_0^T \psi_{11}(t)\psi_{10}(s)K_X(t,s)dtds = d_1(1,0), \quad (\text{II.7})$$

$$k_{44} = \int_0^T \int_0^T \psi_{11}(t)\psi_{11}(s)K_X(t,s)dtds = d_1(1,1), \quad k_{4,\mu} = 0, \quad \mu = \overline{1,2}, \quad \mu = \overline{5,8},$$

$$k_{5\mu} = 0, \quad \mu = \overline{1,4}, \quad k_{55} = \int_0^T \int_0^T \psi_{20}(t)\psi_{20}(s)K_X(t,s)dtds = d_2(0,0),$$

$$k_{56} = \int_0^T \int_0^T \psi_{20}(t)\psi_{21}(s)K_X(t,s)dtds = d_2(0,1), \quad k_{57} = \int_0^T \int_0^T \psi_{20}(t)\psi_{22}(s)K_X(t,s)dtds = d_2(0,2), \quad (\text{II.8})$$

$$k_{58} = \int_0^T \int_0^T \psi_{20}(t)\psi_{23}(s)K_X(t,s)dtds = d_2(0,3),$$

$$k_{6\mu} = 0, \quad \mu = \overline{1,4}, \quad k_{65} = \int_0^T \int_0^T \psi_{21}(t)\psi_{20}(s)K_X(t,s)dtds = d_2(1,0),$$

$$k_{66} = \int_0^T \int_0^T \psi_{21}(t)\psi_{21}(s)K_X(t,s)dtds = d_2(1,1), \quad k_{67} = \int_0^T \int_0^T \psi_{21}(t)\psi_{22}(s)K_X(t,s)dtds = d_2(1,2), \quad (\text{II.9})$$

$$k_{68} = \int_0^T \int_0^T \psi_{21}(t)\psi_{23}(s)K_X(t,s)dtds = d_2(1,3),$$

$$k_{7\mu} = 0, \quad \mu = \overline{1,4}, \quad k_{75} = \int_0^T \int_0^T \psi_{22}(t)\psi_{20}(s)K_X(t,s)dtds = d_2(2,0), \quad (\text{II.10})$$

$$k_{76} = d_2(2,1), \quad k_{77} = d_2(2,2), \quad k_{78} = d_2(2,3),$$

$$k_{8\mu} = 0, \quad \mu = \overline{1,4}, \quad k_{85} = \int_0^T \int_0^T \psi_{23}(t) \psi_{20}(s) K_X(t,s) dt ds = d_2(3,0), \quad (\text{II.11})$$

$$k_{86} = d_2(3,1), \quad k_{87} = d_2(3,2), \quad k_{88} = d_2(3,3).$$

6. Введем функции $z_r(t)$, $r = \overline{1,8}$:

$$\begin{aligned} z_1 &= b_0(0,0)\psi_{0,0}(t) + a(0,0)\phi_{0,0}(t), \quad z_2 = d_0(0,0)\psi_{0,0}(t) + h_0(0,0)\phi_{0,0}(t), \\ z_3 &= \sum_{k=0}^1 d_1(k,0)\psi_{1,k}(t) + \sum_{k=0}^1 h_1(k,0)\phi_{1,k}(t) = d_1(0,0)\psi_{1,0}(t) + d_1(1,0)\psi_{1,1}(t) + h_0(0,0)\phi_{1,0}(t) + h_1(1,0)\phi_{1,1}(t), \\ z_4 &= \sum_{k=0}^1 d_1(k,1)\psi_{1,k}(t) + \sum_{k=0}^1 h_1(k,1)\phi_{1,k}(t) = d_1(0,1)\psi_{1,0}(t) + d_1(1,1)\psi_{1,1}(t) + h_0(0,1)\phi_{1,0}(t) + h_1(1,1)\phi_{1,1}(t), \\ z_5 &= \sum_{k=0}^{2^2-1} d_2(k,0)\psi_{2,k}(t) + \sum_{k=0}^{2^2-1} h_2(k,0)\phi_{2,k}(t) = d_2(0,0)\psi_{2,0}(t) + d_2(1,0)\psi_{2,1}(t) + d_2(2,0)\psi_{2,2}(t) + \\ &+ d_2(3,0)\psi_{2,3}(t) + h_2(0,0)\phi_{2,0}(t) + h_2(1,0)\phi_{2,1}(t) + h_2(2,0)\phi_{2,2}(t) + h_3(3,0)\phi_{2,3}(t), \\ z_6 &= \sum_{k=0}^3 d_2(k,1)\psi_{2,k}(t) + \sum_{k=0}^3 h_2(k,0)\phi_{2,k}(t), \quad z_7 = \sum_{k=0}^3 d_2(k,2)\psi_{2,k}(t) + \sum_{k=0}^3 h_2(k,2)\phi_{2,k}(t), \\ z_8 &= \sum_{k=0}^3 d_2(k,3)\psi_{2,k}(t) + \sum_{k=0}^3 h_2(k,3)\phi_{2,k}(t). \end{aligned} \quad (\text{II.12})$$

7. Некоррелированные СВ V_1, \dots, V_8 имеют нулевые математические ожидания и дисперсии D_v , $v = \overline{1,8}$:

$$\begin{aligned} D_1 &= k_{11} = a(0,0), \quad D_2 = k_{22}(t) - D_1 |c_{21}|^2 = d_0(0,0) - a(0,0) |c_{21}|^2, \\ D_3 &= k_{33}(t) - \sum_{\lambda=1}^2 D_\lambda |c_{v\lambda}|^2 = d_1(0,0) - D_1 |c_{31}|^2 - D_2 |c_{32}|^2, \\ D_4 &= k_{44}(t) - \sum_{\lambda=1}^3 D_\lambda |c_{4\lambda}|^2 = d_1(1,1) - \sum_{\lambda=1}^3 D_\lambda |c_{4\lambda}|^2, \quad \dots, \quad D_v = k_{vv}(t) - \sum_{\lambda=1}^{v-1} D_\lambda |c_{v\lambda}|^2, \quad v = \overline{5,8}. \end{aligned} \quad (\text{II.13})$$

8. Координатные функции выражаются формулами

$$\begin{aligned} x_1(t) &= \frac{1}{D_1} z_1(t) = \frac{1}{D_1} [b_0(0,0)\phi_{0,0}(t) + a(0,0)\phi_{0,0}(t)], \\ x_2(t) &= \frac{1}{D_2} [d_{21}z_1(t) + z_2(t)] = \frac{1}{D_2} \{d_{21} [b_0(0,0)\psi_{0,0}(t) + a(0,0)\phi_{0,0}(t)] + d_0(0,0)\psi_{0,0}(t) + h_0(0,0)\phi_{0,0}(t)\}, \\ x_3(t) &= \frac{1}{D_3} \left[\sum_{\lambda=1}^2 d_{3\lambda} z_\lambda(t) + z_3(t) \right] = \frac{1}{D_3} [d_{31}z_1(t) + d_{32}z_2(t) + z_3(t)], \quad \dots, \\ x_v(t) &= \frac{1}{D_v} \left[\sum_{\lambda=1}^{v-1} d_{v\lambda} z_\lambda(t) + z_v(t) \right], \quad v = \overline{4,8}. \end{aligned} \quad (\text{II.14})$$

9. Искомое КРВЛ имеет вид $X(t) = \sum_{\lambda=1}^8 V_\lambda x_\lambda(t)$, $M[V_\lambda] = 0$, $D[V_\lambda] = D_\lambda$.

Для экспоненциальной ковариационной функции [1, пример 1] погрешность вычисления дисперсии равной 1 составляет 10^{-13} при $J = 3$, $N = 3$. Для $J = 1$, $N = 1$ погрешность не превосходит 10^{-1} .

П.2. Для ковариационной функции типа нестационарного белого шума, когда

$$K_X(t_1, t_2) = q_1(t_2)q_2(t_1)\delta(t_2 - t_1), \quad (\text{П.15})$$

где $t_1, t_2 = 0, 1, \dots, T_J$, $T_J = 2^J - 1$, $t_1, t_2 \in [0, T_J]$, коэффициенты разложения (П.14) по двумерным действительным ортонормированным вейвлетам имеют вид

$$d_j(k, n) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \delta(t_1 - t_2) \psi_{jk}(t_1) \psi_{jn}(t_2) dt_1 dt_2 = \int_{-\infty}^{\infty} \psi_{jk}(t_1) \psi_{jn}(t_1) dt_1 = 1 \cdot \delta_{kn}, \quad (\text{П.16})$$

$$h_j(k, n) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \delta(t_1 - t_2) \phi_{jk}(t_1) \psi_{jn}(t_2) dt_1 dt_2 = \int_{-\infty}^{\infty} \phi_{jk}(t_1) \psi_{jn}(t_1) dt_1 = 0, \quad (\text{П.17})$$

$$b_j(k, n) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \delta(t_1 - t_2) \psi_{jk}(t_1) \phi_{jn}(t_2) dt_1 dt_2 = \int_{-\infty}^{\infty} \psi_{jk}(t_1) \phi_{jn}(t_1) dt_1 = 0, \quad (\text{П.18})$$

$$a(k, n) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \delta(t_1 - t_2) \phi_{J-N,k}(t_1) \phi_{J-N,n}(t_2) dt_1 dt_2 = \int_{-\infty}^{\infty} \phi_{J-N,k}(t_1) \phi_{J-N,n}(t_1) dt_1 = 1 \cdot \delta_{kn}, \quad (\text{П.19})$$

где $\delta_{kn} = \begin{cases} 1, & k = n, \\ 0, & k \neq n. \end{cases}$

Тогда разложение δ -функции по двумерным вейвлетам будет таким:

$$\delta(t_1 - t_2) = \sum_{j=J-N}^{J-1} \sum_{k=0}^{2^j-1} \psi_{jk}(t_1) \phi_{jk}(t_2) + \sum_{k=0}^{2^{J-N}-1} \phi_{J-N,k}(t_1) \phi_{J-N,k}(t_2). \quad (\text{П.20})$$

Пусть последовательность функций f_r , $r = 1, 2^J$, имеет вид (2.11)–(2.15). Запишем КРВЛ δ -функции по ортонормированной системе функций $f_r(t)$:

$$\delta(t_1 - t_2) = \sum_{r=1}^{2^J} f_r(t_1) f_r(t_2). \quad (\text{П.21})$$

Следовательно, ковариационная функция $K_X(t_1, t_2)$ будет в виде

$$X(t) = \sum_{r=1}^{T_J+1} V_r x_r(t) g(t_2), \quad (\text{П.22})$$

$$K_X(t_1, t_2) = q(t_1)q(t_2) \sum_{\kappa=1}^{2^J} f_{\kappa}(t_1) f_{\kappa}(t_2) = \sum_{\kappa=1}^{2^J} [f_{\kappa}(t_1)q(t_1)(f_{\kappa}(t_2)q(t_2))] = \sum_{\kappa=1}^{2^J} x_{\kappa}(t_1)x_{\kappa}(t_2), \quad (\text{П.23})$$

где

$$x_r(t_1) = f_r(t)q(t), \quad (\text{П.24})$$

а V_r – независимые СВ с нулевым математическим ожиданием и единственными дисперсиями

$$M[V_r] = 0, \quad D[V_r] = 1, \quad r = \overline{1, 2T_J + 1}. \quad (\text{П.25})$$

П.3. Полученные результаты позволяют, согласно [4], проводить быстрые оценки потенциальной удароустойчивости, если экспериментальную ковариационную функцию заменить на эквивалентный нестационарный белый шум по формуле

$$q^2(t) = \int_{-\infty}^{\infty} K_X(t, t') dt'. \quad (\text{П.26})$$

Software tools for analysis and synthesis of stochastic systems with high availability (IV)

© Authors, 2017
© Radiotekhnika, 2017

I.N. Sinitsyn – Dr. Sc. (Eng.), Professor, Main Research Scientist, FRC «Computer Science and Control» RAS (Moscow)
E-mail: sinitsin@dol.ru

I.V. Sergeev – Ph. D. (Eng.), Deputy Director of FRC «Computer Science and Control» RAS (Moscow)
E-mail: isergeev@ipiran.ru

E.R. Korepanov – Ph. D. (Eng.), Head of Department, FRC «Computer Science and Control» RAS (Moscow)
E-mail: ekorepanov@ipiran.ru

T.D. Konashenkova – Leading Programmer, FRC «Computer Science and Control» RAS (Moscow)
E-mail: tkonashenkova@ipiran.ru

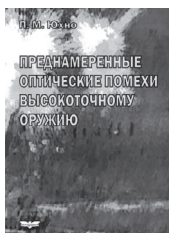
The article proceeds the thematic cycle dedicated to software tools for analysis and synthesis of stochastic systems with high availability. Problems of software tools in MATLAB based on wavelet canonical expansions for the express modeling are considered. In Section 1 the problem statement is given. Section 2 contains elements of MATLAB wavelet theory. In Section 3 basic theorem for recursive algorithm for synthesis wavelet canonical expansions for random function with known covariance function is proved. Software tools are based on wavelet MATLAB tools and the proved algorithm. In Appendix test examples are given and applications for shock safety computer means are discussed.

References

1. *Siniczy'n I.N., Siniczy'n V.I., Korepanov E.R., Belousov V.V., Konashenkova T.D., Semendyaev N.N., Basilashvili D.A.* Instrumental'noe programmnoe obespechenie analiza i sinteza sistem vy'sokoj dostupnosti (I) // *Sistemy' vy'sokoj dostupnosti*. 2009. T. 5. № 3. S. 4–52.
2. *Siniczy'n I.N., Siniczy'n V.I., Korepanov E.R., Belousov V.V., Konashenkova T.D., Sergeev I.V., Semendyaev N.N., Basilashvili D.A.* Instrumental'noe programmnoe obespechenie analiza i sinteza sistem vy'sokoj dostupnosti (II) // *Sistemy' vy'sokoj dostupnosti*. 2010. T. 6. № 2. S. 4–45.
3. *Siniczy'n I.N.* Fil'try' Kalmana i Pugacheva. M.: Logos. 2007.
4. *Siniczy'n I.N.* Kanonicheskie predstavleniya sluchajny'x funkczij i ix primeneniya v zadachax komp'yuternoj podderzhki nauchny'x issledovanij. M.: TORUS PRESS. 2009.
5. *Pugachev V.S., Sinitsyn I.N.* Lectures on functional analysis and applicatons. Worlds Scientific. Singapore (2nd ed.). 2017.
6. *Siniczy'n I.N., Sergeev I.V., Korepanov E.R., Konashenkova T.D.* Stoxasticheskie kanonicheskie vejvlet razlozheniya v zadachax modelirovaniya vibroudaronadezhnosti komp'yuternogo oborudovaniya // XVIII Mezhdunar. nauch. konf. «Sistemy' komp'yuternoj matematiki i ix prilozheniya» (SKMP-2017). (Smolensk. 19–21 maya 2017 g.) Smolensk: Izd-vo SmolGu. 2017. S. 123–124.
7. *Dobeshi I.* Desyat' lekczij po vejvletam. Moskva–Izhevsk: NICz «Regulyarnaya i xaoticheskaya dinamika». 2004.
8. *Smolenczev N.K.* Osnovy' teorii vejvletov. Vejvlety' v MATLAB. M.: DMK Press. 2005.
9. *Siniczy'n I.N., Sergeev I.V., Agafonov E.S.* primeneniye kanonicheskix predstavlenij sluchajny'x funkczij v zadachax rascheta vibrozashhitny'x sistem dlya komp'yuternogo oborudovaniya // *Sistemy' komp'yuternoj matematiki i ix prilozheniya*. Materialy' XI Mezhdunar. nauch. konf., posvyashhennoj 70-letiyu professora V.P. D'yakonova. Smolensk: Izd-vo SmolGu. 2010. № 11. S. 239–241.
10. *Siniczy'n I.N., Sergeev I.V.* Metodicheskoe obespechenie izmereniya, kontrolya i ispy'tanij vy'chislitel'nogo oborudovaniya v usloviyax udarny'x vozdejstvij // *Trudy' konf. «Texnicheskie i programmny'e sredstva sistem upravleniya, kontrolya i izmereniya» (UKI-2010)*. M.: IPU RAN. 2010. S. 47–56.

Уважаемые читатели!

В Издательстве «Радиотехника» вы можете приобрести книгу



ПРЕДНАМЕРЕННЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ ПОМЕХИ ВЫСОКОТОЧНОМУ ОРУЖИЮ

Автор: Южно П.М.

Рассмотрены вопросы анализа и синтеза преднамеренных оптических помех ИК-, телевизионным, тепловизионным и лазерным системам наведения высокоточного оружия. Впервые приводятся результаты непараметрического синтеза преднамеренных помех измерителям координат целей и системам наведения, статистического синтеза устройств помехозащиты от преднамеренных помех, синтеза помех в условиях неполной информации о системах высокоточного оружия.

Для специалистов, связанных с разработкой средств и комплексов создания помех высокоточному оружию с оптико-электронными системами наведения. Может быть полезна специалистам в области радиоэлектронных систем наведения, а также преподавателям и студентам

По вопросам заказа и приобретения книг обращаться по адресу: 107031 Москва, Кузнецкий мост, 20/6
Тел./факс (495) 625-92-41, тел.: (495) 625-78-72, 621-48-37

Полный перечень книг, выпускаемых Издательством «Радиотехника», размещен на сайте
<http://www.radiotec.ru>; e-mail: info@radiotec.ru

Проблемы использования единого хранилища оптической и радиолокационной информации по Арктической зоне («ХОРИАЗ») и обеспечения информационной безопасности при его использовании

© Авторы, 2017

© ООО «Издательство «Радиотехника», 2017

В.И. Будзко – д.т.н., академик Академии криптографии РФ, зам. директора по научной работе, Институт проблем информатики ФИЦ ИУ РАН (Москва)

E-mail: vbudzko@ipiran.ru

В.Г. Беленков – к.т.н., зам. директора по научной работе, Институт проблем информатики ФИЦ ИУ РАН (Москва)

E-mail: vbelenkov@ipiran.ru

С.В. Борохов – ст. науч. сотрудник, Институт проблем информатики ФИЦ ИУ РАН (Москва)

E-mail: sborokhov@ipiran.ru

П.А. Кейр – ст. науч. сотрудник, Институт проблем информатики ФИЦ ИУ РАН (Москва)

E-mail: pkeyer@ipiran.ru

Н.Н. Сметанин – к.т.н., ген. директор, ООО «Паллада» (Москва)

E-mail: snn@geopallada.ru

А.И. Толстой – к.т.н., доцент, Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (Москва)

E-mail: AITolstoj@mephi.ru

Рассмотрены проблемы, возникающие при использовании по назначению единого хранилища оптической и радиолокационной информации по Арктической зоне («ХОРИАЗ»), и проблемы обеспечения информационной безопасности (ОИБ) при его использовании. Определены пути решения этих проблем, а также подходы к решению общих задач ОИБ с учетом характера использования этой информации в поисково-спасательных операциях/работах (ПСО/ПСП) и разнообразия требований по ОИБ у их участников.

Ключевые слова: использование, информационный, безопасность, оптическая и радиолокационная информация.

The problems of the intended use of the Optical and Radar Information Storage for the Arctic zone («ORISAZ») and its information security (IS) are defined. Ways to address these problems are determined. Approaches to solving general IS problems are given, based on the pattern of the use of optical and radar information in search and rescue operations and the diversity of these operation members IS requirements.

Keywords: use, information, security, optical and radar information.

Ц е л ь р а б о т ы – рассмотреть проблемы, возникающие при использовании по назначению единого хранилища оптической и радиолокационной информации по Арктической зоне («ХОРИАЗ»), а также проблемы обеспечения информационной безопасности (ОИБ) при его использовании.

Особенности использования единого хранилища оптической и радиолокационной информации по Арктической зоне (ХОРИАЗ). ХОРИАЗ как объект защиты

Как было отмечено в [1, 4], ХОРИАЗ – это центральное звено единого информационного пространства Арктической зоны (АЗ) Российской Федерации, призванное обеспечить успешное прогнозирование и предупреждение чрезвычайных ситуаций в Арктике и необходимую информационную поддержку при ликвидации их возможных последствий. Оно представляет собой совокупность:

интегрированной актуальной и ретроспективной оптической и радиолокационной информации (ОРИ) по объектам и потенциальным объектам поиска/наблюдения АЗ, информации по месту/району/региону их нахождения, по участкам поиска/наблюдения, информации о перемещении объектов поиска/наблюдения в границах зон и между зонами наблюдения, дополняющей их информации и т.п.;

инструментов хранения и ведения соответствующих данных, подготовки на их основе информации и предоставления ее по запросам пользователей – участников проведения морских поисково-спасательных операций (ПСО) и авиационных поисково-спасательных работ (ПСП).

ХОРИАЗ интегрирует информационные ресурсы АИС-источников (региональных информационных АИС, федеральных информационных АИС и фондов хранения пространственно-интерпретируемой информации), а также выступает источником данных для этих АИС.

Как было отмечено в [1–4], функционирование ХОРИАЗ обладает следующими особенностями:

постоянный сбор ОРИ и дополняющей ее информации по объектам и потенциальным объектам поиска/наблюдения, а также по районам/регионам/зонам и потенциальным районам/регионам/зонам проведения ПСО/ПСР/мероприятий/программ, по смежным с ними районам/регионам/зонам;

доступность на постоянной основе незначительной части собираемой информации;

значительное увеличение разнообразия и объемов собираемой информации по объектам поиска/наблюдения при возникновении (отработке) ситуаций с этими объектами, увеличение при возникновении ситуаций числа источников, из которых поступает эта информация, переменный состав источников и используемой информации от ситуации к ситуации (это увеличение носит временный характер и продолжается до полного или частичного завершения отработки ситуации);

как правило, собранная информация относится к районам/регионам/зонам наблюдения, ко всем относящимся к ним объектам АЗ, а не к конкретным объектам поиска/наблюдения – сведения о конкретных объектах поиска/наблюдения «вычлняются» из собранной информации, формализуются, интегрируются и связываются с ранее собранной и сохраняемой на постоянной основе информацией;

систематическое сохранение и использование неполной и искаженной информации по объектам поиска/наблюдения, поступающей из источников, снижение неполноты и неточности, искаженности информации за счет совместного использования информации, поступившей из различных источников;

интеграция в ХОРИАЗ и последующее использование информации, в том числе дополнительной, различной степени конфиденциальности/секретности, поступающей из различных источников, относящихся к различным ведомствам и коммерческим организациям, отвечающих различным требованиям по ОИБ, а также из открытых общедоступных источников, отвечающих своим требованиям по обеспечению юридической значимости предоставляемых данных (то есть интеграция информации с различными ограничениями на ее хранение и обработку);

использование ХОРИАЗ по назначению различными группами пользователей, находящимися в различных режимах их обслуживания ХОРИАЗ, различный характер использования информации ХОРИАЗ пользователями в различных режимах их обслуживания;

наличие для ХОРИАЗ трех основных способов ее использования пользователями, отличающихся характером обработки информации, составом источников данных, получаемой от них информации, пользователей, решаемых ими задач (это способы: постоянный, при возникновении ситуации и по завершению ситуации).

Основные задачи, решаемые с использованием ХОРИАЗ как системы независимо от способа ее использования пользователями:

сбор в ХОРИАЗ первичной информации, используемой в ПСО/ПСР/мероприятиях/ программах;

обеспечение хранения предварительно обработанной информации об идентифицированных объектах, а также «сырой» информации об объектах, подлежащих идентификации, и связанных с ними объектах и районах/регионах/зонах;

совместная предварительная обработка информации, поступающей из различных источников, по одним и тем же объектам/районам/регионам/зонам, по смежным районам/регионам/зонам, по объектам, связанным с этими объектами;

обработка информации о предварительно не идентифицированных объектах и связанных с ними объектах и районах/регионах/зонах, в том числе «сырой» информации на основе сопоставления накапливаемой разнородной информации;

дополнительная идентификация на основе сопоставления накапливаемой разнородной информации ранее предварительно идентифицированных объектов, а также идентификация не идентифицированных объектов;

обеспечение взаимодействия и доступа к информационным ресурсам АИС-источников или получения от них информационных ресурсов;

обеспечение взаимодействия и доступа АИС-пользователей к информационным ресурсам или их получения от ХОРИАЗ с учетом ограничений доступа (для существующих АИС также с использованием традиционных методов);

обеспечение совместимости с этими АИС по данным, а также интероперабельности используемых геоданных, обеспечение методологической совместимости при использовании этими АИС информационных ресурсов ХОРИАЗ;

обеспечение актуальности, полноты и непротиворечивости метамодели данных, содержащихся в ХОРИАЗ;

обеспечение информационной безопасности информации с различным уровнем конфиденциальности, полученной от различных ведомств;

обеспечение мониторинга состояния ХОРИАЗ и его информационных ресурсов и управления ими.

Основные задачи, дополнительно решаемые с использованием ХОРИАЗ как системы при ее использовании пользователями по назначению при возникновении ситуации:

обеспечение решения информационных, аналитических, расчетных задач, задач ретроспективного и прогнозного анализа изменения положения и/или состояния объекта(ов) поиска/наблюдения и связанных с ними объектов в районе(ах)/региона(ах)/зоне(ах), задач локализации места наступления события с объектом поиска/наблюдения (например, места проведения ПСО/ПСП), а также задач поддержки процессов принятия решений;

использование сохраняемой в ХОРИАЗ информации исключительно для оперативного решения в ходе проведения ПСО/ПСП/мероприятий/программ задач указанных типов (при их решении сохраняемая в ХОРИАЗ информация остается неизменной);

оптимизация хранения оперативной информации, используемой при расчетно-аналитической обработке, при решении информационных задач и при подготовке материалов, определяемых требованиями руководящих документов¹;

обеспечение доступа к информационным ресурсам ХОРИАЗ или их получения от ХОРИАЗ широкого круга пользователей (с учетом предоставленных им прав доступа к данным) при решении ими информационных, аналитических и расчетных задач;

обеспечение доступа к информационным ресурсам ХОРИАЗ различных групп пользователей – участников проведения конкретного ПСО/ПСП/мероприятия/программы в части, касающейся конкретной группы;

обеспечение визуализации результатов решения информационных и аналитических задач, в том числе с использованием активного картографического фона;

взаимодействия с информационными АИС подразделений Поисково-Спасательных Служб, МЧС, Министерства обороны, Морских спасательных центров.

Основные задачи, дополнительно решаемые с использованием ХОРИАЗ как системы при ее использовании по завершению ситуации:

обеспечение решения информационных и аналитических задач, обеспечивающих проведение проверок, расследований и др., а также задач поддержки процессов принятия управленческих решений, при этом используются электронные журналы учета, сформированные в ходе проведения конкретной ПСО/ПСП/мероприятия/проекта, а также другие электронные материалы, свидетельствующие о принимаемых решениях, выполняемых действиях, полученных результатах (используемые журналы не содержат сведений, охраняемых конкретным участником ПСО/ПСП/мероприятия/проекта);

использование сохраняемой в ХОРИАЗ информации исключительно для оперативного решения по завершению ПСО/ПСП/мероприятий/программ задач указанных типов (используемая при их решении исходная информация остается неизменной);

оптимизация хранения оперативной информации, используемой при решении информационных и аналитических задач и при подготовке материалов;

обеспечение доступа к информационным ресурсам ХОРИАЗ или их получения от ХОРИАЗ ограниченного круга пользователей (с учетом предоставленных им прав доступа к данным) при решении ими информационных и аналитических задач;

обеспечение доступа к информационным ресурсам ХОРИАЗ различных групп пользователей – участников проведения конкретной проверки, расследования и др. по завершению ПСО/ПСП/мероприятия/программы в части, касающейся конкретной группы.

¹ Для сохранения в ходе ПСО/ПСП/мероприятий/программ в ХОРИАЗ результатов (окончательных и промежуточных) решения информационных, аналитических и расчетных задач характерны те же проблемы и пути их решения, что и при интеграции ОРИ и дополняющей ее информации в ХОРИАЗ, рассмотренные в [2,4].

Для сохранения после проведения конкретных проверок, расследований и др. по завершению ПСО/ПСП/мероприятия/программы результатов (окончательных и промежуточных) решения информационных и аналитических задач характерны те же проблемы и пути их решения, что и при решении аналогичных задач при использовании по назначению пользователями ХОРИАЗ при проведении ПСО/ПСП/мероприятий/программ.

На момент написания статьи текущее положение дел по использованию ХОРИАЗ и ОИБ при ее использовании состоит в следующем: предметом обсуждения является концепция создания ХОРИАЗ, в рамках которой рассматриваются вопросы ОИБ информационных ресурсов ХОРИАЗ.

Режимы обслуживания пользователей ХОРИАЗ и виды обрабатываемой и сохраняемой в ХОРИАЗ информации

Как было отмечено в [4], можно выделить следующие *режимы обслуживания пользователей ХОРИАЗ*, относящихся к различным местам/районам/регионам/зонам и т.п.: дежурный режим; основной режим; режим анализа и исследования данных.

Дежурный режим – это режим функционирования сконфигурированной определенным образом группы средств ХОРИАЗ и обслуживания ею пользователей (персонала ХОРИАЗ, дежурных служб и т.п.) в повседневной обстановке до принятия решения о начале ПСО/ПСП. Этому режиму соответствует ранее рассмотренный постоянный способ использования ХОРИАЗ.

В дежурном режиме группой средств ХОРИАЗ осуществляется сбор и хранение информации, получаемой из открытых общедоступных источников, а также из источников коммерческих и ведомственных организаций (в общем случае в различных зонах это различные источники), в том числе предварительно обработанных данных ОРИ: по местам/районам/регионам/зонам предстоящих ПСО/ПСП; об идентифицированных объектах – потенциальных объектах поиска/наблюдения и связанных с ними объектах и районах (регионах), о перемещении потенциальных объектов поиска/наблюдения в границах зон и между зонами наблюдения; а также дополняющей их информации по потенциальным местам/районам/регионам/зонам проведения ПСО/ПСП, по потенциальным объектам поиска/наблюдения.

В дежурном режиме группой средств ХОРИАЗ производится предварительная обработка собираемой информации, в том числе информации, поступающей из различных источников, по одним и тем же объектам (районам, регионам), по смежным районам (регионам), а также дополнительная идентификация предварительно идентифицированных объектов.

В дежурном режиме возможно использование только накапливаемой в этом режиме информации. Ее использование носит справочный характер. Решение аналитических, расчетных и т.п. задач не предполагается.

Основной режим – это режим функционирования сконфигурированной определенным образом группы средств ХОРИАЗ и обслуживания ею групп пользователей (участников ПСО/ПСП/мероприятия/проекта и дежурных служб) в ходе проведения ПСО/ПСП/мероприятия/проекта в определенном месте/районе/регионе/зоне (одновременно может проводиться несколько ПСО/ПСП/мероприятий/проектов). Обслуживание ХОРИАЗ пользователей в основном режиме осуществляется на выделенном(ых) комплексе(ах) технических и/или программных средств. При этом продолжается обслуживание ХОРИАЗ в дежурном режиме пользователей, непосредственно не участвующих в проведении ПСО/ПСП/мероприятия/проекта. Этому режиму соответствует ранее рассмотренный способ использования ХОРИАЗ при возникновении ситуации.

В основном режиме для мест(а)/районов(а)/регионов(а)/зон(ы)/участков(а) проведения ПСО/ПСП/мероприятия/проекта группами средств ХОРИАЗ, участвующих в его(ее) проведении, в дополнение к функциям, выполняемым в дежурном режиме², осуществляется:

сбор, предварительная обработка и хранение первичной ОРИ и иной информации об объекте поиска/наблюдения в части, касающейся этого объекта поиска/наблюдения и связанных с ним объектов и районов (регионов);

сбор и обработка «сырой» ОРИ об объектах, подлежащих идентификации (объектах поиска/наблюдения), и связанных с ними объектах и районах (регионах);

² При этом часть объектов поиска/наблюдения изменяет свой статус с потенциальных на реальные объекты поиска/наблюдения.

сбор и обработка дополняющей ее информации по местам/районам/регионам/зонам проведения ПСО/ПСР/мероприятия/проекта, по объектам поиска/наблюдения;

предварительная обработка собираемой информации о предварительно не идентифицированных объектах и связанных с ними объектах и районах (регионах), в том числе «сырой» информации на основе сопоставления накапливаемой разнородной информации;

дополнительная идентификация на основе сопоставления накапливаемой разнородной информации не идентифицированных объектов.

В основном режиме группой средств ХОРИАЗ, используемой в ходе проведения конкретной ПСО/ПСР/мероприятия/проекта, обеспечивается:

решение информационных, аналитических, расчетных задач, задач ретроспективного и прогнозного анализа изменения положения и/или состояния объекта поиска/наблюдения и связанных с ним объектов в районе (регионе), задач локализации места наступления события с объектом поиска/наблюдения, а также задач поддержки процессов принятия решений;

взаимодействие с АИС подразделений поисково-спасательных служб, морских спасательных центров, МЧС, Министерства обороны, других федеральных и региональных органов государственной власти.

Режим анализа и исследования – это режим функционирования сконфигурированной определенным образом группы средств ХОРИАЗ и обслуживания ею группы пользователей (участников расследований, проверок и др.) по окончании проведения ПСО/ПСР/мероприятия/проекта в определенном месте/районе/регионе/зоне (одновременно может проводиться анализ и исследование по нескольким ПСО/ПСР/мероприятиям/проектам). Обслуживание группой средств ХОРИАЗ группы пользователей в режиме анализа и исследования осуществляется на выделенном комплексе технических и/или программных средств. При этом продолжается обслуживание ХОРИАЗ в дежурном и/или в основном режиме пользователей, непосредственно не участвующих в анализе и исследовании. Этому режиму соответствует ранее рассмотренный способ использования ХОРИАЗ по завершению ситуации.

В режиме анализа и исследования группой средств ХОРИАЗ обеспечивается информационная поддержка анализа и исследования и/или проверки, проводимого(ой) по результатам ПСО/ПСР/мероприятия/проекта. Осуществляется хранение электронных журналов учета, сформированных в ходе функционирования групп средств ХОРИАЗ, обеспечивающих обслуживание пользователей в основном режиме, а также других электронных материалов, свидетельствующих о принимаемых решениях, выполняемых действиях, полученных результатах, не содержащие сведений, составляющих государственную тайну, коммерческую тайну организаций участников ПСО/ПСР/мероприятия/проекта, конфиденциальную информацию. Осуществляется обработка запросов к этим журналам и материалам и подготовка отчетов по ним.

Приоритеты безопасности при использовании информации, сохраняемой в ХОРИАЗ

В соответствии с приоритетами, определенными в [4], и характером использования информации для *дежурного режима* устанавливаются следующие п р и о р и т е т ы обеспечения свойств ОИБ для различных видов информации.

1. Для информации, получаемой из средств массовой информации, устанавливается единственный приоритет – доступность.

2. Для информации, получаемой из общедоступных источников (в том числе иностранных и международных), а также для информации, получаемой: из ГИС, из АИС ведомств, организаций, компаний и т.п., из АИС участников ПСО/ПСР/мероприятия/проекта, от систем эксплуатантов/собственников дежурных поисково-спасательных сил, находящихся на дежурстве и т.п.) устанавливаются следующие приоритеты (по убыванию значимости): целостность; доступность.

Для *основного режима* в соответствии с приоритетами, определенными в [4], и характером использования информации устанавливаются следующие п р и о р и т е т ы обеспечения свойств ОИБ для различных видов информации.

1. Для открытой информации устанавливаются следующие приоритеты (по убыванию значимости): целостность; доступность.

2. Для конфиденциальной и секретной информации из государственных и военных источников; информации, составляющей коммерческую тайну из систем эксплуатантов/собственников поисково-спасательных сил и средств, охраняемых сведений ведомств устанавливаются следующие приоритеты (по убыванию значимости): конфиденциальность; целостность; доступность.

Требования по защите информации при функционировании группы средств ХОРИАЗ, обеспечивающих обслуживание пользователей в основном режиме, должны устанавливаться в соответствии с максимальной степенью конфиденциальности (секретности) обрабатываемой информации. Решения по защите информации при функционировании группы средств ХОРИАЗ, обеспечивающих обслуживание пользователей в основном режиме, должны соответствовать требованиям федерального законодательства в области защиты информации ограниченного доступа, как не содержащей сведения, составляющие государственную тайну, так и содержащей такие сведения.

Для *режима анализа и исследования* в соответствии с приоритетами, определенными в [4], и характером использования информации устанавливаются **п р и о р и т е т ы** (по убыванию значимости) обеспечения свойств ОИБ для различных видов информации, обрабатываемой в этом режиме (для электронных журналов учета, сформированных в ходе функционирования ХОРИАЗ в основном режиме; различных электронных материалов, полученных, либо использованных в ходе проведения ПСО/ПСР/мероприятия/проекта, свидетельствующих о принимаемых решениях, выполняемых действиях, полученных результатах): неотказуемость; подотчетность; аутентичность; достоверность; целостность.

П р и м е ч а н и е . В статье используются следующие определения свойств информации и средств (систем) ее обработки (в соответствии с [6, 7]):

конфиденциальность – свойство информации быть недоступной и закрытой для неавторизованного индивидуума, логического объекта или процесса;

целостность – свойство сохранения правильности и полноты активов (информации как актива);

доступность – свойство объекта находиться в состоянии готовности и используемости по запросу авторизованного логического объекта;

неотказуемость – способность достоверно иметь место действие или событие так, чтобы эти события или действия не могли быть позже отвергнуты;

подотчетность – свойство, обеспечивающее однозначное прослеживание действий любого логического объекта;

аутентичность – свойство, гарантирующее, что субъект или ресурс идентичны заявленным;

достоверность – свойство соответствия предусмотренному поведению и результатам.

Общие задачи ОИБ при использовании информации, сохраняемой в ХОРИАЗ, и общий подход к их решению

В соответствии с подходом, сформулированным в [4], для ОИБ при использовании информации, сохраняемой в ХОРИАЗ, должны быть решены следующие общие задачи:

предотвращение разглашения информации, содержащей сведения различной степени конфиденциальности (секретности), и персональных сведений о гражданах, обрабатываемых или хранящихся в ХОРИАЗ (решение этой общей задачи обеспечивает свойство информации быть недоступной и закрытой для неавторизованного индивидуума, логического объекта или процесса);

предотвращение утраты, повреждения или искажения информации, хранящейся в ХОРИАЗ, при ее обработке в результате несанкционированного доступа (решение этой общей задачи обеспечивает свойство сохранения правильности и полноты активов);

обеспечение достоверности, неотказуемости и аутентичности информации, хранящейся в ХОРИАЗ, при ее обработке и предоставлении пользователям и потребителям информации ХОРИАЗ (решение этой общей задачи обеспечивает способность ХОРИАЗ удостоверять имевшие место действия или события так, чтобы эти события или действия не могли быть позже отвергнуты; гарантировать то, что субъект или ресурс идентичны заявленным; а также обеспечивать соответствие его поведения и результатов поведения предусмотренным);

обеспечение ответственности пользователей ХОРИАЗ, в первую очередь в основном режиме функционирования, путем документирования операций доступа к данным и операций управления средствами защиты информации ХОРИАЗ (решение этой общей задачи обеспечивает однозначное прослеживание действий любого логического объекта);

обеспечение доступности данных ХОРИАЗ ее пользователям, выявление попыток блокирования доступа пользователей к данным ХОРИАЗ и противодействие таким попыткам (решение этой общей задачи обеспечивает свойство объекта находиться в состоянии готовности к использованию и быть использованным по запросу авторизованного логического объекта);

выявление попыток несанкционированного доступа к данным ХОРИАЗ и противодействие таким попыткам, а также обеспечение целостной и доверенной программной среды функционирования ХОРИАЗ (выполнение этих задач обеспечивает решение ранее перечисленных общих задач).

Решения общих задач ОИБ при защите сведений, составляющих государственную тайну, должно быть обеспечено в соответствии с требованиями федерального законодательства РФ. Решение этих задач должно быть обеспечено системой информационной безопасности (СОИБ) ХОРИАЗ, объединяющей в единую систему нормативно-методические материалы ОИБ ХОРИАЗ, меры, инструменты и средства ОИБ на объектах размещения ХОРИАЗ, в составе различных групп средств ХОРИАЗ, а также меры, инструменты и средства контроля организации работ по ОИБ на объектах размещения ХОРИАЗ. При реализации этих мер должны быть использованы следующие группы методов, обеспечивающие ИБ при использовании информации, – это методы, обеспечивающие:

идентификацию и аутентификацию субъектов доступа и объектов доступа (с использованием этих методов обеспечивается присвоение субъектам и объектам доступа уникального признака (идентификатора), сравнение предъявляемого субъектом (объектом) доступа идентификатора с перечнем присвоенных идентификаторов, а также проверка принадлежности субъекту (объекту) доступа предъявленного им идентификатора (подтверждение подлинности));

управление доступом субъектов доступа к объектам доступа (с использованием этих методов обеспечивается управление правами и привилегиями субъектов доступа, разграничение доступа субъектов доступа к объектам доступа на основе совокупности установленных в группе средств ХОРИАЗ правил разграничения доступа, а также обеспечивается контроль соблюдения этих правил);

ограничение программной среды (с использованием этих методов обеспечивается управление установкой и запуском компонентов программного обеспечения, используемого в группах средств ХОРИАЗ);

защиту съемных машинных носителей информации (с использованием этих методов исключается возможность НСД к ним и к хранящейся на них информации, а также несанкционированное использование съемных машинных носителей информации);

регистрацию событий безопасности (с использованием этих методов обеспечивается сбор, запись, хранение и защита информации о событиях безопасности в группе средств ХОРИАЗ, возникающих в ходе использования информации, сохраняемой в ХОРИАЗ, а также возможность просмотра и анализа информации о таких событиях и реагирование на них);

антивирусную защиту (с использованием этих методов обеспечивается противодействие угрозам, вызываемым компьютерными вирусами и другими видами вредоносного кода);

контроль (анализ) защищенности информации (с использованием этих методов обеспечивается выявление и анализ уязвимостей групп средств ХОРИАЗ, контроль установки обновлений программного обеспечения, его работоспособности, параметров настройки и правильности функционирования, состава технических средств, программного обеспечения и средств защиты информации, а также контроль выполнения утвержденных регламентов работы с группами средств ХОРИАЗ);

целостность ХОРИАЗ и информации (с использованием этих методов обеспечивается возможность восстановления программного обеспечения группы средств ХОРИАЗ);

защиту среды виртуализации (с использованием этих методов обеспечивается в виртуальной инфраструктуре обеспечивается идентификация и аутентификация субъектов доступа и объектов доступа, управление доступом субъектов доступа к объектам доступа, регистрация событий безопасности, антивирусная защита и сегментирование);

защиту технических средств (с использованием этих методов обеспечивается защита информации, представленной в виде информативных электрических сигналов и физических полей);

защиту взаимодействия ХОРИАЗ с пользователями и внешними системами с использованием систем связи и передачи данных (с использованием этих методов обеспечивается защита информации при взаимодействии ХОРИАЗ или его отдельных групп средств с пользователями и внешними системами).

В соответствии с [8, 9] в общем случае для групп средств и ХОРИАЗ в целом с использованием этих методов в части *идентификации и аутентификации субъектов доступа и объектов доступа* должны обеспечиваться следующие пункты:

идентификация и аутентификация пользователей групп средств ХОРИАЗ, а также процессов, запускаемых от имени этих пользователей и от имени системных учетных записей; аутентификация пользователей осуществляется с использованием паролей, аппаратных средств, биометрических характери-

стик, иных средств или в случае многофакторной (двухфакторной) аутентификации – определенной комбинации указанных средств; в группах средств ХОРИАЗ обеспечивается возможность однозначного сопоставления идентификаторов пользователей с запускаемыми от их имени процессами;

управление идентификаторами, в том числе создание, присвоение, уничтожение идентификаторов;

управление средствами аутентификации, в том числе хранение, выдача, инициализация, блокирование средств аутентификации и принятие мер в случае утраты и/или компрометации средств аутентификации;

защита обратной связи при вводе аутентификационной информации (защита обратной связи «система – субъект доступа» в процессе аутентификации обеспечивается исключением отображения для пользователя действительного значения аутентификационной информации и/или числа вводимых пользователем символов аутентификационной информации).

В части *управления доступом субъектов доступа к объектам доступа* должны обеспечиваться:

управление (заведение, активация, блокирование и уничтожение) учетными записями пользователей;

реализация методов, типов и правил разграничения доступа³;

управление (фильтрация, маршрутизация, контроль соединений, однонаправленная передача и др.) информационными потоками между устройствами, сегментами групп средств ХОРИАЗ, а также между группами средств ХОРИАЗ и внешними информационными системами;

разделение полномочий (ролей) пользователей, администраторов и лиц, обеспечивающих функционирование групп средств ХОРИАЗ, в соответствии с их должностными обязанностями (функциями); санкционирование доступа к объектам доступа в соответствии с этими полномочиями (ролями); фиксирование этих полномочий (ролей) в организационно-распорядительных документах по защите информации;

назначение прав и привилегий пользователям, администраторам и лицам, обеспечивающим функционирование групп средств ХОРИАЗ, а также запускаемым от их имени процессам, минимально необходимых для выполнения ими своих должностных обязанностей (функций); санкционирование доступа к объектам доступа в соответствии с этими правами и привилегиями; фиксирование этих объектов доступа, прав и привилегий по доступу к ним, в организационно-распорядительных документах по защите информации;

ограничение неуспешных попыток получения доступа к группам средств ХОРИАЗ и блокирование устройства, с которого предпринимаются попытки доступа, и/или учетной записи пользователя при превышении пользователем ограничения числа неуспешных попыток получения доступа; фиксирование ограничения на число неуспешных попыток в организационно-распорядительных документах по защите информации;

блокирование сеанса доступа к группам средств ХОРИАЗ после установленного времени бездействия (неактивности) пользователя или по его запросу, а также доступа к информации и устройствам отображения, кроме действий, необходимых для разблокирования сеанса;

разрешение (запрет) действий пользователей, разрешенных до идентификации и аутентификации;

реализация защищенного удаленного доступа субъектов доступа к объектам доступа через внешние информационно-телекоммуникационные сети при всех видах доступа (беспроводной, проводной (коммутируемый), широкополосный и иные виды доступа);

регламентация и контроль использования в группах средств ХОРИАЗ технологий беспроводного доступа;

регламентация и контроль использования в группах средств ХОРИАЗ мобильных технических средств;

управление взаимодействием с внешними информационными системами.

³ Методы управления доступом должны реализовываться в зависимости от особенностей функционирования групп средств ХОРИАЗ, с учетом угроз безопасности информации и должны включать один или комбинацию следующих методов: дискреционный, мандатный, ролевой. Типы доступа должны включать операции по чтению, записи, удалению, выполнению и иные операции, разрешенные к выполнению пользователем (группой пользователей) или запускаемому от его имени процессу при доступе к объектам доступа. Правила разграничения доступа должны реализовываться на основе списков доступа или матриц доступа и должны обеспечивать управление доступом пользователей (групп пользователей) и запускаемых от их имени процессов при входе в систему, при доступе к техническим средствам, устройствам, объектам файловой системы, к запускаемым и исполняемым модулям, к объектам систем управления базами данных, объектам, создаваемым прикладным и специальным программным обеспечением, к параметрам настройки средств защиты информации, к информации о конфигурации системы защиты информации и иной информации о функционировании системы защиты информации, а также к иным объектам доступа.

В части *ограничения программной среды* должна обеспечиваться установка (инсталляция) в группах средств ХОРИАЗ только разрешенного к использованию программного обеспечения (вида, типа, класса программного обеспечения) и/или его компонентов, а также периодический контроль установленного (инсталлированного) в группах средств ХОРИАЗ программного обеспечения на предмет его соответствия перечням разрешенного и запрещенного к установке в группах средств и в ХОРИАЗ в целом программного обеспечения. Также должно проводиться фиксирование этих перечней в организационно-распорядительной документации по защите информации.

В части *защиты машинных носителей информации* должны обеспечиваться:

учет съемных машинных носителей информации (в журналах учета машинных носителей информации), машинных носителей информации, встроенных в портативные или стационарные технические средства (в журналах материально-технического учета и др. этих средств); при этом раздельному учету подлежат съемные (в том числе портативные) перезаписываемые (флэшнакопители, съемные жесткие диски) и не перезаписываемые машинные носители информации;

управление доступом к машинным носителям информации;

уничтожение (стирание) информации на машинных носителях при их передаче между пользователями, в сторонние организации, в том числе для ремонта или утилизации, а также контроль уничтожения (стирания).

В части *регистрации событий безопасности* должны обеспечиваться:

определение в группах средств ХОРИАЗ событий безопасности, подлежащих регистрации, с учетом способов реализации угроз безопасности для этих групп; определение сроков хранения регистрационной информации⁴;

определение состава и содержания информации о событиях безопасности, подлежащих регистрации, обеспечивающих, как минимум, возможность идентификации для события безопасности его типа, даты и времени, источника наступления, результата реализации (успешно или неуспешно), субъекта доступа (пользователя и/или процесса), связанного с событием безопасности;

сбор, запись и хранение информации о событиях безопасности в течение установленного времени хранения;

реагирование на сбои при регистрации событий безопасности, в том числе на аппаратные и программные ошибки, на сбои в механизмах сбора информации, на достижение предела или на переполнение объема (емкости) памяти;

мониторинг (просмотр, анализ) результатов регистрации событий безопасности с установленной периодичностью, обеспечивающей своевременное выявление признаков инцидентов безопасности в группе средств ХОРИАЗ; реагирование на события безопасности, в том числе планирование и проведение мероприятий по реагированию на выявленные инциденты безопасности;

генерирование временных меток и/или синхронизация системного времени в группах средств и в ХОРИАЗ в целом;

защита информации о событиях безопасности с применением мер защиты информации от неправомерного доступа, уничтожения или модификации, в том числе защита средств ведения регистрации (аудита) и настроек механизмов регистрации событий.

В части *антивирусной защиты* должны обеспечиваться: реализация антивирусной защиты; обновление базы данных признаков вредоносных компьютерных программ (вирусов).

В части *контроля (анализа) защищенности информации* должны обеспечиваться:

выявление, анализ уязвимостей групп средств ХОРИАЗ и оперативное устранение вновь выявленных уязвимостей;

получение из доверенных источников и контроль установки обновлений программного обеспечения (в том числе СЗИ) в группах средств ХОРИАЗ, включая проверки соответствия его версий, установ-

⁴ К событиям безопасности, подлежащим регистрации в группах средств ХОРИАЗ, должны быть отнесены любые проявления состояния групп средств ХОРИАЗ и их системы защиты информации, указывающие: на возможность нарушения конфиденциальности, целостности или доступности информации, доступности компонентов групп средств ХОРИАЗ; на нарушения процедур, установленных организационно-распорядительными документами по защите информации; на нарушение штатного функционирования средств защиты информации. События безопасности, подлежащие регистрации в группах средств ХОРИАЗ, и сроки хранения регистрационной информации должны обеспечивать возможность обнаружения, идентификации и анализа инцидентов, возникших в группах средств ХОРИАЗ.

ленных в группах, и версий, выпущенных разработчиком, а также наличия отметок в эксплуатационной документации об установке (применении) обновлений;

контроль работоспособности, параметров настройки и правильности функционирования программного обеспечения и средств защиты информации;

контроль состава технических средств, программного обеспечения и средств защиты информации;

контроль правил генерации и смены паролей пользователей, заведения и удаления учетных записей пользователей, реализации правил разграничения доступа, полномочий пользователей в группе средств ХОРИАЗ.

В части *обеспечения целостности ХОРИАЗ и информации* должна обеспечиваться возможность восстановления программного обеспечения (в том числе программного обеспечения средств защиты информации) при возникновении нештатных ситуаций, включая разработку планов по действиям персонала (администраторов, пользователей) при возникновении нештатных ситуаций.

В части *защиты среды виртуализации* должны обеспечиваться:

идентификация и аутентификация субъектов доступа и объектов доступа в виртуальной инфраструктуре, в том числе администраторов управления средствами виртуализации;

управление доступом субъектов доступа к объектам доступа в виртуальной инфраструктуре, в том числе внутри виртуальных машин;

регистрация событий безопасности в виртуальной инфраструктуре;

реализация и управление антивирусной защитой в виртуальной инфраструктуре.

В части *защиты технических средств* должны обеспечиваться:

организация контролируемой зоны, в пределах которой постоянно размещаются стационарные технические средства, обрабатывающие информацию, и средства защиты информации, а также средства обеспечения функционирования⁵;

контроль и управление физическим доступом к техническим средствам ХОРИАЗ, средствам защиты информации, средствам обеспечения функционирования, а также в помещения и сооружения, в которых они установлены, исключающие несанкционированный физический доступ к этим средствам и в эти помещения и сооружения;

размещение устройств вывода (отображения) информации, исключающее ее несанкционированный просмотр как из-за пределов контролируемой зоны, так и в пределах контролируемой зоны.

В части *защиты взаимодействия ХОРИАЗ с использованием систем связи и передачи данных* должны обеспечиваться:

защита информации от раскрытия, модификации и навязывания (ввода ложной информации) при ее передаче (подготовке к передаче) по каналам связи, имеющим выход за пределы контролируемой зоны, в том числе по беспроводным каналам;

запрет несанкционированной удаленной активации видеокамер, микрофонов и иных периферийных устройств, которые могут активироваться удаленно, путем физического исключения такой возможности и/или путем управления программным обеспечением; оповещение пользователей об активации таких устройств;

защита беспроводных соединений, применяемых в группах средств ХОРИАЗ;

защита мобильных технических средств, применяемых в группах средств ХОРИАЗ.

Методы перечисленных групп должны быть использованы совместно с иными методами групп, рассмотренных в [4].

Как было отмечено в [4], в СОИБ ХОРИАЗ защита информационных ресурсов ХОРИАЗ организуется по рубежам защиты информации. Рубежи относятся к объекту(ам) размещения ХОРИАЗ, либо носят экстерриториальный характер. Сведения о рубежах защиты информации ХОРИАЗ, а также о платформах и продуктах, которые могут быть использованы для ОИБ при использовании информации, сохраняемой в ХОРИАЗ, приведены в [4].

⁵ Контролируемая зона включает в себя пространство (территорию, здание, часть здания), в котором исключено неконтролируемое пребывание сотрудников и лиц, не имеющих постоянного допуска на объекты размещения групп средств ХОРИАЗ, а также транспортных, технических и иных материальных средств. Границами контролируемой зоны могут являться периметр охраняемой территории, ограждающие конструкции охраняемого здания или охраняемой части здания, если оно размещено на не охраняемой территории. Границы контролируемой зоны устанавливаются в организационно-распорядительных документах по защите информации.

Проблемы использования ХОРИАЗ пользователями и пути их решения

Как было отмечено ранее, пользователи ХОРИАЗ могут обслуживаться в одном из трех режимов: дежурном, основном, анализа и исследования.

В *дежурном режиме* в ХОРИАЗ преимущественно осуществляется предварительная обработка и накопление информации. Использование ХОРИАЗ по назначению связано с решением информационных задач, при решении которых ХОРИАЗ используется как источник информации, при этом информация, сохраняемая в ХОРИАЗ, не изменяется.

В *основном режиме* наряду с предварительной обработкой и накоплением информации в ХОРИАЗ осуществляется его использование по назначению. Использование ХОРИАЗ по назначению связано с решением информационных, аналитических и расчетных задач, при решении которых ХОРИАЗ используется как источник информации, при этом информация, сохраняемая в ХОРИАЗ, не изменяется. Состав источников данных ХОРИАЗ и поступающей из них информации расширен.

В *режиме анализа и исследования* накопление информации в ХОРИАЗ не осуществляется. Использование ХОРИАЗ по назначению связано с решением информационных и аналитических задач, при решении которых информация, сохраняемая в ХОРИАЗ, не изменяется. Источниками для решения этих задач являются журналы учета, сформированные в основном режиме обслуживания ХОРИАЗ пользователей, а также другие электронные материалы, свидетельствующие о принимаемых решениях, выполняемых действиях, полученных результатах, не содержащие сведений, охраняемых конкретными участниками. Журналы учета и электронные материалы не изменяются в процессе обработки.

Основными проблемами, которые необходимо решить в ХОРИАЗ при его использовании по назначению, являются проблемы переменного от ПСО/ПСП/мероприятия/проекта к ПСО/ПСП/мероприятию/проекту:

состава участников и распределения прав доступа и задач между ними, а также переменной организации их взаимодействия (проблема 1);

состава источников ИД, поступающей из них информации, а также переменной организации взаимодействия с ними (проблема 2);

состава выполняемых в их ходе работ и используемых инструментов обработки информации (проблема 3);

состава алгоритмов обработки ОРИ и реализующих их программных средств (проблема 4);

состава эталонов картинок ОРИ для объектов поиска/наблюдения и их фрагментов, а также различной точности, актуальности, достоверности (использование картинок для прототипов) и т.п. эталонных картинок (проблема 5);

характера общей методики организации работ, методики использования информационных ресурсов, их адаптивного характера (проблема 6).

Это также проблемы:

отсутствия или низкого качества каналов связи непосредственно в зоне проведения ПСО/ПСП/мероприятия/проекта, использования «узких» каналов связи (проблема 7);

совместного использования в ходе проведения ПСО/ПСП/мероприятия/проекта информации, поступающей из источников, находящихся в регионах с развитой инфраструктурой связи, а также из источников (например, БПЛА, телефонных сетей, Интернета, в том числе мобильного Интернета и т.п.), находящихся в зоне проведения ПСО/ПСП/мероприятия/проекта, в общем случае не обладающей развитой инфраструктурой связи (проблема 8);

совместного использования заблаговременно накопленной в ХОРИАЗ и оперативно поступающей в ходе ПСО/ПСП/мероприятия/проекта информации об объектах поиска/наблюдения, о районах/регионах/зонах проведения ПСО/ПСП/мероприятий/программ, о смежных районах/регионах/зонах (проблема 9).

Это также проблема совместного использования в обработке как централизованно сохраняемой ОРИ и дополняющей ее информации, так и информации ХОРИАЗ, в силу действующих ограничений физически сохраняемой и обрабатываемой децентрализованно на площадках конкретных ведомств, организаций, фирм и т.п. При этом в централизованную обработку с площадок могут поступать как результаты обработки ОРИ и дополняющей ее информации, так и оценки или выводы по этим результатам (проблема 10).

Основными путями решения проблем 1–6, 8, 9 является создание для использования в зоне проведения ПСО/ПСП/мероприятия/проекта мобильных и/или быстро развертываемых: комплексов средств информатизации (КСИ) и выносных групп средств ХОРИАЗ в их составе; комплексов средств оперативного управления группировками сил и средств (в том числе группировками, включающими воздушные, морских и речных суда, беспилотные аппараты, группы поиска); узлов связи (УС); узлов их инженерного обеспечения; а также оперативно настраиваемых комплексов программных средств и моделей КСИ; комплексов средств поддержки работы оперативной группы и «штаба» (планирование, учет и контроль работ и результатов, подготовка материалов и т.п.); комплексов средств ОИБ КСИ и выносных групп средств ХОРИАЗ в их составе.

Еще необходимо обеспечение совместимости и взаимодействия выносных групп средств ХОРИАЗ с остальными средствами КСИ, а также эффективного распределения функциональности между ними; обеспечение распределенной обработки ОРИ и дополняющей ее информации между ХОРИАЗ и выносными группами средств ХОРИАЗ в КСИ. При этом обработку исторической (ранее накопленной) информации целесообразно осуществлять централизованно в ХОРИАЗ, а оперативную предварительную обработку текущей информации, решение и уточнение решения задач, использование результатов обработки и ранее полученных результатов – осуществлять в КСИ, находящемся непосредственно в зоне проведения конкретной ПСО/ПСП/мероприятия/проекта.

Это также разработка для ХОРИАЗ средств, обеспечивающих для группировок средств и информационных ресурсов ХОРИАЗ, используемых в конкретных ПСО/ПСП/мероприятиях/проектах, оперативное задание и изменение:

состава группировок, состава их пользователей – участников, работающих с ХОРИАЗ, состава используемых ими задач и инструментов (услуг), информационных ресурсов (ИР) ХОРИАЗ, распределения прав доступа между их участниками к ИР, задачам, инструментам (услугам) ХОРИАЗ;

состава источников, поступающей из них информации, организации взаимодействия ХОРИАЗ с источниками;

состава эталонов картинок ОРИ для объектов поиска/наблюдения и их фрагментов, а также алгоритмов обработки ОРИ с учетом точности, актуальности, достоверности (использование картинок для прототипов) и т.п. эталонных картинок и картинок, поступающих из источников информации.

Это также разработка типовых организационных и организационно технических документов, регламентирующих развертывание средств КСИ и выносных групп средств ХОРИАЗ в их составе, их настройку, в том числе настройку комплексов средств ОИБ ХОРИАЗ и КСИ, также регламентирующих настройку средств взаимодействия ХОРИАЗ и КСИ с источниками информации, средств учета информации, полученной из этих источников и при обмене между КСИ и ХОРИАЗ.

Основные пути решения проблемы 7 – это развертывание в зоне проведения ПСО/ПСП/мероприятия/проекта дополнительных средств связи, обеспечивающих как связь непосредственно в зоне проведения ПСО/ПСП/мероприятия/проекта, так и связь КСИ с ХОРИАЗ; использование алгоритмов, обеспечивающих высокую степень сжатия ОРИ и дополняющей ее информации, а также результатов их обработки при передаче по каналам связи; использование алгоритмов, обеспечивающих гарантированное доведение данных по неустойчиво работающим каналам связи с низкой пропускной способностью.

Основные пути решения проблемы 10 – разработка алгоритмов, обеспечивающих автоматическое или с участием человека доведение запроса, например, на решение задачи, до всех площадок обработки, выборку из него параметров и данных в части, касающейся конкретной площадки, а также алгоритмов, обеспечивающих сборку и совместную обработку результатов обработки запросов, полученных с различных площадок, в том числе в условиях неполноты полученных запросов с последующим уточнением результатов обработки.

Проблемы ОИБ при использовании информации, сохраняемой в ХОРИАЗ, и пути их решения

Основными проблемами, которые необходимо решить для ОИБ при использовании информации, сохраняемой в ХОРИАЗ, из числа приведенных в [4] являются следующие:

1. ОИБ в условиях переменного состава участников ПСО/ПСП/мероприятий/проектов, обслуживаемых ХОРИАЗ в основном режиме; отсутствия априорной информации об их составе; высокого уровня неопределенности и динамического изменения ролевых профилей прав доступа этих участников к ресурсам и возможностям ХОРИАЗ.

Примечание. Доступ пользователей ХОРИАЗ без ограничений осуществляется только к информации дежурного режима. Доступ участников конкретной ПСО/ПСП/мероприятия/проекта также осуществляется к информационным ресурсам, относящимся к этой ПСО/ПСП/мероприятию/проекту. Доступ участников режима анализа и исследования конкретной ПСО/ПСП/мероприятия/проекта также осуществляется к информационным ресурсам, относящимся к этому режиму для этой ПСО/ПСП/мероприятию/проекту.

2. ОИБ в условиях одновременной обработки в конкретных группах средств ХОРИАЗ, обеспечивающих обслуживание пользователей в основном режиме, информации различной степени конфиденциальности/секретности (открытой информации, конфиденциальной информации, информации, содержащей сведения, составляющие государственную и/или коммерческую тайну).

3. ОИБ в условиях одновременной обработки в различных группах средств ХОРИАЗ информации различной степени конфиденциальности/секретности.

Примечание. В группах средств, обеспечивающих обслуживание пользователей в дежурном режиме и режиме анализа и исследования, осуществляется обработка только открытой информации; в группах средств, обеспечивающих обслуживание пользователей в основном режиме, – обработка информации различной степени конфиденциальности/секретности.

4. ОИБ в условиях высокого уровня гарантий недопущения несанкционированного использования охраняемых информационных ресурсов, относящихся только к конкретной ПСО/ПСП/мероприятию/проекту, пользователями ХОРИАЗ, не являющимися участниками этой ПСО/ПСП/мероприятия/проекта, в том числе по их завершению.

Основными путями решения перечисленных проблем в ходе использования ХОРИАЗ являются разработка с учетом специфики организации деятельности при проведении ПСО/ПСП/мероприятия/проекта порядка развертывания и применения групп средств ХОРИАЗ, их эксплуатации и осуществления их ИБ, обеспечивающего:

оперативную адаптацию ХОРИАЗ к составу и изменениям состава участников ПСО/ПСП/мероприятий/проектов, обслуживаемых ХОРИАЗ в основном режиме, к изменениям ролевых профилей прав доступа этих участников к ресурсам и возможностям ХОРИАЗ;

непротиворечивость и целостность системы этих прав (исключающего возможность как несанкционированного или несогласованного изменения этих прав, так и их предоставления конкретным пользователям);

надежные гарантии недопущения утечки охраняемых сведений при взаимодействии групп средств ХОРИАЗ, в которых осуществляется обработка информации различной степени конфиденциальности/секретности;

надежные гарантии недопущения утечки охраняемых сведений при совместной обработке в группе средств ХОРИАЗ информации различной степени конфиденциальности/секретности;

надежные гарантии недопущения несанкционированного использования охраняемых информационных ресурсов участниками ПСО/ПСП/мероприятия/проекта, а также лицами, не являющимися их участниками, в том числе по завершению ПСО/ПСП/мероприятия/проекта.

Также необходима разработка организационно-распорядительных документов, фиксирующих права и обязанности, и регламент взаимодействия участников ОИБ в соответствии с этим порядком.

Решение перечисленных проблем должно выполняться в едином комплексе и/или как составная часть при решении проблем, приведенных в [3].

- В общем виде описаны особенности использования ХОРИАЗ при проведении ПСО/ПСП/мероприятий/программ. Определены основные проблемы, которые необходимо решить при использовании ХОРИАЗ по назначению – это проблемы переменного от ПСО/ПСП/мероприятия/проекта к ПСО/ПСП/мероприятию/проекту:

состава участников и распределения прав доступа и задач между ними, а также переменной организации их взаимодействия;

состава источников информации, поступающей из них информации, а также переменной организации взаимодействия с ними;

состава выполняемых в их ходе работ и используемых инструментов обработки информации;

состава алгоритмов обработки ОРИ и реализующих их программных средств;

состава эталонов картинок ОРИ для объектов поиска/наблюдения и их фрагментов, а также различной точности, актуальности, достоверности (при использовании картинок для прототипов) и т.п. эталонных картинок;

характера общей методики организации работ, методики использования информационных ресурсов, их адаптивного характера.

Это также проблема совместного использования в обработке как централизованно сохраняемых ОРИ и дополняющих ее данных, так и данных ХОРИАЗ, в силу действующих ограничений физически сохраняемых и обрабатываемых децентрализованно на площадках конкретных ведомств, организаций, фирм и др.

В статье описан общий подход к решению задачи ОИБ при использовании информации, в том числе ОРИ, различной степени конфиденциальности/секретности, сохраняемой в ХОРИАЗ с учетом характера использования этой информации в ПСО/ПСР и разнообразия требований по ОИБ у их участников. Уточнен состав общих задач ОИБ ОРИ в ХОРИАЗ, общий подход к их решению, состав используемых для их решения методов. Дана характеристика этих общих задач, раскрыта суть используемых для их решения методов.

Определены основные проблемы ОИБ ХОРИАЗ при использовании сохраняемой в нем информации, это ОИБ в условиях:

переменного состава участников ПСО/ПСР/мероприятий/проектов, обслуживаемых ХОРИАЗ в основном режиме; отсутствия априорной информации об их составе; высокого уровня неопределенности и динамичного изменения ролевых профилей прав доступа этих участников к ресурсам и возможностям ХОРИАЗ;

одновременной обработки в конкретных группах средств ХОРИАЗ, обеспечивающих обслуживание пользователей в основном режиме, информации различной степени конфиденциальности/секретности;

одновременной обработки в различных группах средств ХОРИАЗ информации различной степени конфиденциальности/секретности;

высокого уровня гарантий недопущения несанкционированного использования охраняемых информационных ресурсов, относящихся только к конкретной ПСО/ПСР/мероприятию/проекту, пользователями ХОРИАЗ, не являющимися участниками этой ПСО/ПСР/мероприятия/проекта, в том числе по их завершению.

Определены пути решения рассмотренных проблем.

Статья подготовлена в рамках работ, проводимых при поддержке РФФИ по теме № 15-29-06997 «Фундаментальные проблемы идентификации, сопоставления и интеграции в единое хранилище оптической и радиолокационной информации (ОРИ) по Арктической зоне».

Литература

1. Будзко В.И., Беленков В.Г., Сметанин Н.Н., Улитенков М.В. Хранилище оптической и радиолокационной информации по Арктической зоне («ХОРИАЗ») // Системы высокой доступности. 2015. Т. 11. № 4. С. 3–15.
2. Будзко В.И., Беленков В.Г., Сметанин Н.Н., Улитенков М.В., Зеленикин А.А. Проблемы интеграции в единое хранилище оптической и радиолокационной информации по Арктической зоне // Системы высокой доступности. 2017. Т. 13. № 1. С. 3–21.
3. Будзко В.И., Беленков В.Г., Сметанин Н.Н., Улитенков М.В., Зеленикин А.А. Язык описания изображений, используемый при интеграции в хранилище оптической и радиолокационной информации по Арктической зоне // Системы высокой доступности. 2017. Т. 13. № 1. С. 22–38.
4. Будзко В.И., Беленков В.Г., Борохов С.В., Кейер П.А., Сметанин Н.Н. Обеспечение информационной безопасности при решении задач интеграции в единое хранилище оптической и радиолокационной информации по Арктической зоне («ХОРИАЗ») // Системы высокой доступности. 2016. Т. 12. № 3. С. 58–71.
5. Будзко В.И., Брюхов Д.О., Девяткин Д.А., Скворцов Н.А., Сметанин Н.Н., Ступников С.А., Шелманов А.О. Проблемы извлечения информации из разнотипизированных данных для решения задач информационной поддержки поисковых действий в арктической зоне // Труды Междунар. научно-технич. конф. «Информационные технологии и математическое моделирование систем 2015». М.: Центр информационных технологий в проектировании РАН. 2015. С. 121–127.
6. ГОСТ Р ИСО/МЭК 15408 «Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Критерии оценки безопасности информационных технологий».
7. ГОСТ Р ИСО/МЭК 13335-1-2006 «Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Часть 1. Концепция и модели менеджмента безопасности информационных и телекоммуникационных технологий».

8. Приказ ФСТЭК России от 15 февраля 2017 г. № 27 «О внесении изменений в Требования о защите информации, не составляющей государственную тайну, содержащейся в государственных информационных системах, утвержденные приказом Федеральной службы по техническому и экспортному контролю от 11 февраля 2013 г. № 17».
9. Методический документ. Утвержден ФСТЭК России 11 февраля 2014 г. «Меры защиты информации в государственных информационных системах».

Поступила 11 августа 2017 г.

Problems of the use and information security of the Optical and Radar Information Storage for the Arctic zone («ORISAZ»)

© Authors, 2017

© Radiotekhnika, 2017

V.I. Budzko – Dr. Sc. (Eng.), Member of Russian Cryptography Academy, Deputy Director on Research and Development, Institute of Informatics Problems of FRC CSC RAS (Moscow)

E-mail: vbudzko@ipiran.ru

V.G. Belenkov – Ph. D. (Eng.), Deputy Director on Research and Development, Institute of Informatics Problems of FRC CSC RAS (Moscow)

E-mail: vbelenkov@ipiran.ru

S.V. Borokhov – Senior Research Scientist, Institute of Informatics Problems of FRC CSC RAS (Moscow)

E-mail: sborokhov@ipiran.ru

P.A. Keyer – Senior Research Scientist, Institute of Informatics Problems of FRC CSC RAS (Moscow)

E-mail: pkeyer@ipiran.ru

N.N. Smetanin – Ph. D. (Eng.), General Director, JSC «Pallada» (Moscow)

E-mail: snn@geopallada.ru

A.I. Tolstoy – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, National Research Nuclear University «MEPhI» (Moscow)

E-mail: AITolstoj@mephi.ru

The article in general describes the specifics of ORISAZ use to search and rescue missions/operations (SRO/ASR) and activities in the implementation of programs. The general approach to solving general IS problems that arise when using stored in ORISAZ information (including ORI), with consideration for the pattern of the use of the information in search and rescue operations and the diversity of these operation members IS requirements, are given. Main problems to be addressed when using ORISAZ as intended are defined. Typical IS problems when using ORISAZ as intended are described.

Ways to address these problems are specified. The list of the ORISAZ information security problems, the general approach to their solution and the list of solution methods are detailed. The description of these general problems is given. Main points of methods of these problems solution are defined.

References

1. *Budzko V.I., Belenkov V.G., Smetanin N.N., Ulitenkov M.V.* Xranilishhe opticheskoy i radiolokacionnoy informacii po Arkticheskoy zone («XORIAZ») // *Sistemy' vy'sokoj dostupnosti*. 2015. T. 11. № 4. S. 3–15.
2. *Budzko V.I., Belenkov V.G., Smetanin N.N., Ulitenkov M.V., Zelenikin A.A.* Problemy' integracii v edinoe xranilishhe opticheskoy i radiolokacionnoy informacii po Arkticheskoy zone // *Sistemy' vy'sokoj dostupnosti*. 2017. T. 13. № 1. S. 3–21.
3. *Budzko V.I., Belenkov V.G., Smetanin N.N., Ulitenkov M.V., Zelenikin A.A.* Yazyk opisaniya izobrazhenij, ispol'zuemyj pri integracii v xranilishhe opticheskoy i radiolokacionnoy informacii po Arkticheskoy zone // *Sistemy' vy'sokoj dostupnosti*. 2017. T. 13. № 1. S. 22–38.
4. *Budzko V.I., Belenkov V.G., Borokhov S.V., Kejer P.A., Smetanin N.N.* Obespechenie informacionnoj bezopasnosti pri reshenii zadach integracii v edinoe xranilishhe opticheskoy i radiolokacionnoy informacii po Arkticheskoy zone («XORIAZ») // *Sistemy' vy'sokoj dostupnosti*. 2016. T. 12. № 3. S. 58–71.
5. *Budzko V.I., Bryukov D.O., Devyatkin D.A., Skvortsov N.A., Smetanin N.N., Stupnikov S.A., Shelmanov A.O.* Problemy' izvlecheniya informacii iz raznostruktirovannyx dannyx dlya resheniya zadach informacionnoj podderzhki poiskovyx dejstvij v arkticheskoy zone // *Trudy' Mezhdunar. nauchno-texnich. konf. «Informacionny'e tekhnologii i matematicheskoe modelirovanie sistem 2015»*. M.: Czentr informacionnyx tekhnologij v proektirovanii RAN. 2015. S. 121–127.
6. GOST R ISO/MEK 15408 «Informacionnaya tekhnologiya. Metody' i sredstva obespecheniya bezopasnosti. Kriterii ocenki bezopasnosti informacionnyx tekhnologij».
7. GOST R ISO/MEK 13335-1-2006 «Informacionnaya tekhnologiya. Metody' i sredstva obespecheniya bezopasnosti. Chast' 1. Koncepziya i modeli menedzhmenta bezopasnosti informacionnyx i telekommunikacionnyx tekhnologij».
8. *Priraz FSTEK Rossii ot 15 fevralya 2017 g. № 27 «O vnesenii izmenenij v Trebovaniya o zashhite informacii, ne sostavlyayushhej gosudarstvennyu tajnu, sodержashhejsya v gosudarstvennyx informacionnyx sistemax, utverzhdennye prikazom Federal'noj sluzhby' po texnicheskomu i e'ksportnomu kontrolyu ot 11 fevralya 2013 g. № 17»*.
9. *Metodicheskij dokument. Utverzhden FSTEK Rossii 11 fevralya 2014 g. «Mery' zashhity' informacii v gosudarstvennyx informacionnyx sistemax»*.