



Преимущества обучения в ТУСУРе:

- Высокое качество образования в ТУСУРе основано на высокой квалификации профессорско-преподавательского состава, а также на передовой исследовательской материально-технической базе;
- Применение передовых технологий обучения, ориентированных на развитие творческого потенциала студентов, основанных на неразрывной связи с научными исследованиями и командной работой над реальными проектами;
- Полученное в ТУСУРе образование гарантирует 100%-ное трудоустройство, достойные условия труда, высокую зарплату и карьерный рост.

Прием документов на очную форму обучения начинается 19 июня и заканчивается 24 июля (если у абитуриента имеется полный комплект результатов вступительных испытаний в форме ЕГЭ или результатов олимпиад школьников, утвержденных Минобрнауки РФ) и 13 июля (если абитуриент будет сдавать вступительные и испытания, проводимые ТУСУР самостоятельно). Абитуриент имеет право подать заявление не более чем на 3 направления подготовки и/или специальности ТУСУР, указав их рейтинг.

Вступительные испытания профильной направленности для инженерно-технических направлений - математика, физика, русский язык; для направлений в области IT технологий и информационной безопасности - математика, информатика, русский язык; для экономико-управленческих направлений - математика, обществознание, русский язык; для гуманитарных направлений - история России, обществознание, русский язык.

Конкурс абитуриентов на бюджетные места очной формы обучения проводится с 27 июля по сумме баллов за три экзамена в порядке ее убывания. Возможен прием абитуриентов на бюджетные места по договорам целевого приема. Зачисление в число студентов ТУСУРа на бюджетные места будет вестись с 30 июля по 7 августа включительно, зачисления на платные места - 7 и 21 августа.

634050, г. Томск, пр. Ленина, 40, каб. 129
Тел.: (3822) 900-100
Факс: (3822) 900-100

E-mail: onir@main.tusur.ru
Сайт: <http://tusur.ru/>



TUSUR

НАУЧНАЯ СЕССИЯ ТУСУР-2015



**МАТЕРИАЛЫ ВСЕРОССИЙСКОЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ
И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ
13-15 мая 2015 г. (В пяти частях)**

Часть 4

г. Томск

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)»

НАУЧНАЯ СЕССИЯ ТУСУР–2015

**Материалы
Всероссийской научно-технической конференции
студентов, аспирантов и молодых ученых
«Научная сессия ТУСУР–2015»**

13–15 мая 2015 г., г. Томск

В пяти частях

Часть 4

**В-Спектр
2015**

УДК 621.37/.39+681.518 (063)

ББК 32.84я431+32.988я431

Н 34

Н 34 Научная сессия ТУСУР–2015: материалы Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 13–15 мая 2015 г. – Томск: В-Спектр, 2015: в 5 частях. – Ч. 4. – 304 с.

ISBN 978-5-91191-323-6

ISBN 978-5-91191-327-4 (Ч. 4)

Материалы Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых посвящены различным аспектам разработки, исследования и практического применения радиотехнических, телевизионных и телекоммуникационных систем и устройств, сетей электро- и радиосвязи, вопросам проектирования и технологии радиоэлектронных средств, аудиовизуальной техники, бытовой радиоэлектронной аппаратуры, а также автоматизированных систем управления и проектирования. Рассматриваются проблемы электроники СВЧ- и акустооптоэлектроники, нанофотоники, физической, плазменной, квантовой, промышленной электроники, радиотехники, информационно-измерительных приборов и устройств, распределенных информационных технологий, вычислительного интеллекта, автоматизации технологических процессов, в частности в системах управления и проектирования, информационной безопасности и защиты информации. Представлены статьи по математическому моделированию в технике, экономике и менеджменте, антикризисному управлению, правовым проблемам современной России, автоматизации управления в технике и образовании, а также работы, касающиеся социокультурных проблем современности, экологии, мониторинга окружающей среды и безопасности жизнедеятельности.

УДК 621.37/.39+681.518 (063)

ББК 32.84я431+32.988я431

***Конференция проводится при финансовой поддержке
Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ)
в рамках Конкурса проектов организации российских
и международных молодежных научных мероприятий,
проект № 15-37-10078***

ISBN 978-5-91191-323-6

ISBN 978-5-91191-327-4 (Ч. 4)

© Том. гос. ун-т систем управления
и радиоэлектроники, 2015



*Генеральный спонсор
конференции –
ЗАО «ПМК Миландр»*

ЗАО «ПМК Миландр» (г. Зеленоград) является одним из ведущих предприятий радиоэлектронного комплекса России, деятельность которого связана с разработкой и производством изделий микроэлектроники и электронных модулей на их основе. В настоящее время «Миландр» обеспечивает разработку высокоинтегрированных микросхем с проектными нормами до 0,065 мкм.

Номенклатурная линейка «Миландра» составляет более 200 типоминиалов изделий (микроконтроллеры, микропроцессоры, радиочастотные микросхемы, микросхемы проводных интерфейсов, микросхемы управления питанием), которые широко используются российскими предприятиями оборонно-промышленного комплекса. Одним из конкурентных преимуществ компании является наличие собственного сборочного производства, позволяющего выполнять полный комплекс измерений параметров микросхем с последующей их установкой в металлокерамические (для спецприменений) или пластмассовые корпуса, а также Испытательного технического центра микроприборов, осуществляющего измерения, анализ и испытания микросхем.

В июне 2014 г. ЗАО «ПМК Миландр» совместно с Томским государственным университетом систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР) и Томским государственным архитектурно-строительным университетом (ТГАСУ) одержали победу в конкурсе, выполняемом в рамках Постановления Правительства Российской Федерации № 218, по созданию высокотехнологичного производства интеллектуальных приборов энергетического учета, разработанных и изготовленных на базе отечественных микроэлектронных компонентов, и гетерогенной автоматизированной системы мониторинга потребляемых энергоресурсов на их основе. Для выполнения работ по комплексному проекту ЗАО «ПМК Миландр» и ТУСУР открыли Центр системного проектирования. В Центре системного проектирования, созданном на базе ТУСУРа, разрабатывается программное обеспечение для интеллектуальных приборов энергоучета и комплексной системы автоматизированного сбора и обработки информации. Результаты работ Центра системного проектирования будут не только внедряться в производство, но и активно использоваться в учебном процессе ТУСУРа. Широкое внедрение совместных разработок ЗАО «ПМК Миландр», ТУСУРа и ТГАСУ позволит снизить затраты населения на тепло и электроэнергию на 15–20%.

Также ЗАО «ПКК Миландр» активно проводит программу по взаимодействию с вузами, в рамках которой предоставляет вузам оборудование собственного производства и методические пособия для проведения практических занятий на все время сотрудничества. По окончании курсов проводится аттестация студентов, по результатам которой самые выдающиеся студенты получают сертификаты. Проект реализуется в рамках общей программы по импортозамещению и позволяет студентам российских вузов приобрести навыки работы с отечественной элементной базой, с последующим трудоустройством в ведущие приборостроительные предприятия России.

ЗАО «ПКК Миландр»

124498, г. Москва, Зеленоград, Георгиевский проспект, дом 5.

Тел.: (495) 981-54-33, факс: (495) 981-54-36.

E-mail: info@milandr.ru

Сайт: www.milandr.ru



***Спонсор секции 5 конференции –
National Instruments (США)***

National Instruments (США) – лидер в области разработки и производства аппаратных и программных средств автоматизации измерений, эксперимента, диагностики, управления в широком спектре приложений. Технологии NI предоставляют возможность быстрой разработки и модернизации практикумов, подготовки студентов к успешным решениям инженерных и научных задач в таких областях, как электротехника, электроника, мехатроника, разработка систем управления и контроля, цифровая обработка сигналов и видеоизображений, телекоммуникации, системы связи и др.

National Instruments Russia

119361, Москва, ул. Озерная, 42, оф. 1201.

Тел.: +7(495) 783-68-51, факс: +7(495) 783-68-51.

E-mail: ni.russia@ni.com

Сайт: russia.ni.com

Научно-производственное объединение «Свободная энергия» существует с 2004 г. и имеет успешный опыт проектирования и производства малогабаритных автономных систем питания различного назначения на основе химических источников тока (промышленных элементов питания и аккумуляторов). Компания основана выпускниками ТУСУРа и на первом этапе своей деятельности использовала возможности, предоставляемые СБИ «Дружба» в дальнейшем, вошла в состав УНИК ТУСУРа. В процессе развития НПО «Свободная энергия» создало постоянно модернизируемую производственную базу, отлаживает технологии проектирования и монтажа, повышает компетенции сотрудников компании, а также оказывает социальную поддержку детским и студенческим спортивным организациям.

Для получения оптимального результата в задачах по автономному электропитанию современных специализированных устройств и промышленного оборудования требуется профессиональный подход. Коллектив компании и производственная база позволяют проводить полный цикл работ, начиная с разработки по техническому заданию и заканчивая выпуском серийных изделий. Работы на каждой стадии проходят в согласовании с инженерными службами заказчика, благодаря чему достигается сбалансированное техническое решение в установленные заказчиком сроки.

Комплексный подход к задачам создания эффективных систем питания – это не только изготовление батарей из промышленных химических источников тока, но также проектирование и изготовление корпусов батарей, адаптированных для определенных условий эксплуатации; разработка соответствующих электронных схем защиты и контроля, а также специализированных зарядных устройств; интеграция системы в аппаратуру заказчика.

Гибкость и универсальность технологий производства НПО «Свободная энергия» позволяет выпускать любые партии продукции, начиная от одной штуки. Это особенно ценно при изготовлении тестовых образцов батарей в процессе разработки новой аппаратуры.

В ряде производственных задач отказ и простой оборудования, вследствие отключения автономного питания, влечет за собой значительные финансовые затраты, а иногда от безотказности мобильных устройств может зависеть и жизнь человека. В таких случаях точность оценки состояния батарей питания до запуска оборудования имеет особое значение.

НПО «Свободная энергия» разработана уникальная система мониторинга «LOTOS», позволяющая с высокой точностью оценить состоя-

ние батарей автономного питания в любой момент времени. На основании полученных данных может быть принято обоснованное решение о дальнейшей эксплуатации или виде обслуживания батареи.

Система состоит из миниатюрной платы контроллера, монтируемой в батарею на этапе сборки, и устройства считывания, подключаемого к контроллеру при необходимости получить информацию. Устройством считывания и обработки информации может быть как стандартный персональный компьютер, так и специальная мобильная аппаратура. В настоящее время компанией разработаны контактные и бесконтактные методы передачи данных от контроллера до устройств обработки информации.

Структура данных о батарее непerezаряжаемых литиевых элементов содержит реквизиты изделия; расчетные данные, включающие значения остаточной емкости, минимальной и максимальной рабочих температур; текущие электрические параметры. Структура данных об аккумуляторной батарее расширена и включает также значения прогнозируемой емкости, количество отработанных циклов заряда-разряда, общее напряжение на батарее и список напряжений на каждом элементе.

Постоянный складской запас сырья по наиболее востребованным позициям позволяет выпускать качественную продукцию в краткие сроки по конкурентной цене. Залогом высокого качества производимой НПО «Свободная энергия» продукции являются:

- квалифицированные кадры;
- отлаженная технология производства;
- наличие полного спектра диагностической аппаратуры;
- собственные исследования и разработки в области систем электропитания.

НПО «Свободная энергия» имеет долгосрочные партнерские отношения с ведущими российскими и зарубежными производственными предприятиями, такими как АО «Транснефть-ДИАСКАН» (г. Луховицы), Scientific Drilling (США), ООО «Технологическая компания Шлюмберже» (г. Томск), ОАО «Когалымнефтегазгеофизика» (г. Когалым), трест «СургутНефтегазгеофизика» (г. Сургут), ООО «Нефтьгазгеофизика» (г. Тверь), ОАО «Литий-Элемент» (г. Саратов), ООО ТНПВО «СИАМ» (г. Томск) и многими другими.

Компания постоянно развивается, совершенствует и создает разработки, изделия и технологии, проводит исследования и внедряет их результаты. НПО «Свободная энергия» готова решать любые задачи по автономному питанию и всегда открыта для сотрудничества.

Научно-производственное объединение «Свободная энергия»

634041, Россия, г. Томск, ул. Красноармейская, 89а.

Тел.: (382-2) 555-777, факс: (3822) 565-562.

E-mail: info@freepower.pro, slovo77@freepower.pro

Сайт: www.freepower.pro

**Всероссийская
научно-техническая конференция
студентов и молодых ученых
«Научная сессия ТУСУР–2015»
13–15 мая 2015 г.**

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ

- Шелупанов А.А. – председатель, ректор ТУСУРа, директор Института системной интеграции и безопасности, председатель правления Томского профессорского собрания, д.т.н., профессор;
- Шурыгин Ю.А. – сопредседатель, директор департамента управления и стратегического развития (первый проректор), д.т.н., профессор;
- Беляев Б.А., зав. лабораторией электродинамики Ин-та физики СО РАН, д.т.н., г. Красноярск;
- Голиков А.М., доцент каф. РТС, к.т.н.;
- Грик Н.А., зав. каф. ИСР, д.ист.н., профессор;
- Давыдова Е.М., декан ФБ, зам. зав. каф. КИБЭВС по УР, доцент каф. КИБЭВС, к.т.н.;
- Демидов А.Я., зав. каф. ТОР, к.ф.-м.н., доцент;
- Дмитриев В.М., зав. каф. МиСА, д.т.н., профессор;
- Дробот П.Н., доцент каф. УИ, к.ф.-м.н.;
- Еханин С.Г., профессор каф. КУДР, д.ф.-м.н., доцент;
- Ехлаков Ю.П., зав. каф. АОИ, д.т.н., профессор;
- Зариковская Н.В., доцент каф. ЭМИС, к.ф.-м.н., доцент;
- Карташев А.Г., профессор каф. РЭТЭМ, д.б.н., профессор;
- Катаев М.Ю., профессор каф. АСУ, д.т.н., профессор;
- Копубинский В.П., зам. зав. каф. КСУП, доцент каф. КСУП, к.т.н., доцент;
- Лоцилов А.Г., зав. каф. КУДР, начальник СКБ «Смена» ТУСУР, к.т.н.;
- Лукин В.П., директор отд. распространения волн ин-та оптики атмосферы СО РАН, почетный член Американского оптического общества, д.ф.-м.н., профессор, г. Томск;
- Малюк А.А., декан фак-та информационной безопасности МИФИ, к.т.н., г. Москва;
- Малютин Н.Д., начальник отдела перспективных проектов (ОПП), директор НОЦ «Нанотехнологии», д.т.н., профессор;

➤ Мещеряков Р.В., директор департамента по науке и инновациям, проректор по научной работе и инновациям, зав. каф. БИС, д.т.н., профессор;

➤ Михальченко Г.Я., директор НИИ каф. ПрЭ, д.т.н., профессор;

➤ Мицель А.А., профессор каф. АСУ, д.т.н., профессор;

➤ Осипов Ю.М., академик Международной академии информатизации, д.э.н., д.т.н., профессор;

➤ Пустынский И.Н., профессор каф. ТУ, заслуженный деятель науки и техники РФ, д.т.н., профессор;

➤ Разинкин В.П., профессор каф. ТОР НГТУ, д.т.н., профессор, г. Новосибирск;

➤ Соколовская Н.С., доцент каф. УП, зам. декана ЮФ по НИР, к.ю.н.;

➤ Суслова Т.И., декан ГФ, зав. каф. ФиС, д.ф.н., профессор;

➤ Троян П.Е., зав. каф. ФЭ, д.т.н., профессор;

➤ Ходашинский И.А., профессор каф. КИБЭВС, д.т.н., профессор;

➤ Черепанов О.И., зав. каф. ЭСАУ, д.ф.-м.н.;

➤ Шарангович С.Н., профессор, зав. каф. СВЧКР, к.ф.-м.н.;

➤ Шарыгин Г.С., зав. каф. РТС, д.т.н., профессор;

➤ Шостак А.С., профессор каф. КИПР, д.т.н.

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

➤ Мещеряков Р.В., председатель Организационного комитета, директор департамента по науке и инновациям, проректор по научной работе и инновациям, зав. каф. БИС, д.т.н., профессор;

➤ Боков Л.А., директор департамента образования (проректор по учебной работе), к.ф.-м.н., доцент;

➤ Коротина Т.Ю., заведующая аспирантурой и докторантурой, к.т.н.;

➤ Юрченкова Е.А. – вед. инженер ОППО, к.х.н.

СЕКЦИИ КОНФЕРЕНЦИИ

Секция 1. Радиотехнические системы и распространение радиоволн.

Председатель секции – Шарыгин Герман Сергеевич, зав. каф. РТС, д.т.н., проф.; зам. председателя – Тисленко Владимир Ильич, профессор каф. РТС, д.т.н., доцент

Секция 2. Радиоэлектронные системы передачи информации и средства их защиты. Председатель секции – Голиков Александр Михайлович, доцент каф. РТС, к.т.н.; зам. председателя – Бернгардт Александр Самуилович, доцент каф. РТС, к.т.н.

- Секция 3. Аудиовизуальная техника, бытовая радиоэлектронная аппаратура и сервис – Пустынский Иван Николаевич, профессор каф. ТУ, д.т.н., проф.; зам. председателя – Костевич Анатолий Геннадьевич, с.н.с. каф. ТУ НИЧ, к.т.н.
- Секция 4. Проектирование биомедицинских электронных и наноэлектронных средств. Председатель секции – Еханин Сергей Георгиевич, профессор каф. КУДР, д.ф.-м.н., доцент; зам. председателя – Романовский Михаил Николаевич, доцент каф. КУДР, к.т.н.
- Секция 5. Разработка контрольно-измерительной аппаратуры. Председатель секции – Лощилов Антон Геннадьевич, зав. каф. КУДР, начальник СКБ «Смена» ТУСУР, к.т.н.; зам. председателя – Убайчин Антон Викторович, с.н.с. СКБ «Смена», к.т.н.
- Секция 6. Проектирование и эксплуатация радиоэлектронных средств. Председатель секции – Шостак Аркадий Степанович, профессор каф. КИПР, д.т.н.; зам. председателя – Озёркин Денис Витальевич, декан РКФ, доцент каф. КИПР, к.т.н.
- Секция 7. Радиотехника. Председатель секции – Семенов Эдуард Валерьевич, профессор каф. РЗИ, д.т.н.
- Секция 8. Оптические информационные технологии, нанофотоника и оптоэлектроника. Председатель секции – Шарангович Сергей Николаевич, профессор, зав. каф. СВЧиКР, к.ф.-м.н.; зам. председателя – Буримов Николай Иванович, зав. УНЛ каф. ЭП НИЧ, к.т.н.
- Секция 9. Инфокоммуникационные технологии и системы широкополосного беспроводного доступа. Председатель секции – Демидов Анатолий Яковлевич, зав. каф. ТОР, к.ф.-м.н.; зам. председателя – Гельцер Андрей Александрович, ст. преподаватель каф. ТОР, к.т.н.
- Секция 10. Интегрированные информационно-управляющие системы. Председатель секции – Катаев Михаил Юрьевич, профессор каф. АСУ, д.т.н.; зам. председателя – Суханов Александр Яковлевич, доцент каф. АСУ, к.т.н.
- Секция 11. Физическая и плазменная электроника. Председатель секции – Троян Павел Ефимович, зав. каф. ФЭ, профессор, д.т.н.; зам. председателя – Смирнов Серафим Всеволодович, профессор каф. ФЭ, д.т.н.
- Секция 12. Промышленная электроника. Председатель секции – Михальченко Геннадий Яковлевич, директор НИИ ПрЭ, профессор, д.т.н.; зам. председателя – Семенов Валерий Дмитриевич, профессор, зам. зав. каф. ПрЭ по НР, к.т.н.

- Секция 13. Распределенные информационные технологии. Председатель секции – Ехлаков Юрий Поликарпович, зав. каф. АОИ, д.т.н., проф.; зам. председателя – Сенченко Павел Васильевич, декан ФСУ, доцент каф. АОИ, к.т.н.
- Секция 14. Информационно-измерительные приборы и устройства. Председатель секции – Черепанов Олег Иванович, профессор каф. ЭСАУ, д.ф.-м.н.; зам. председателя – Шидловский Виктор Станиславович, доцент каф. ЭСАУ, к.т.н.
- Секция 15. Аппаратно-программные средства в системах управления и проектирования. Председатель секции – Шурыгин Юрий Алексеевич, директор департамента управления и стратегического развития (первый проректор), зав. каф. КСУП, профессор, д.т.н.; зам. председателя – Коцубинский Владислав Петрович, доцент каф. КСУП, к.т.н.
- Подсекция 15.1. Интеллектуальные системы проектирования технических устройств. Председатель секции – Черкашин Михаил Владимирович, доцент каф. КСУП, к.т.н.
- Подсекция 15.2. Имитационное моделирование сложных технических систем. Председатель секции – Коцубинский Владислав Петрович, доцент каф. КСУП, к.т.н.
- Подсекция 15.3. Инструментальные средства поддержки автоматизированного проектирования и управления. Председатель секции – Хабибуллина Надежда Юрьевна, доцент каф. КСУП, к.т.н.
- Секция 16. Вычислительный интеллект. Председатель секции – Ходашинский Илья Александрович, профессор каф. КИБЭВС, д.т.н.; зам. председателя – Евсютин Олег Олегович, доцент каф. КИБЭВС, к.т.н.
- Секция 17. Автоматизация технологических процессов. Председатель секции – Давыдова Елена Михайловна, декан ФБ, зам. зав. каф. КИБЭВС по УР, к.т.н.; зам. председателя – Зыков Дмитрий Дмитриевич, доцент каф. КИБЭВС, зам. директора НОЦ «Нанотехнологии», к.т.н.
- Секция 18. Методы и системы защиты информации. Информационная безопасность. Председатель секции – Шелупанов Александр Александрович, ректор ТУСУРа, директор Института системной интеграции и безопасности, председатель правления Томского профессорского собрания, д.т.н., проф.; зам. председателя – Конев Антон Александрович, доцент каф. КИБЭВС, к.т.н.
- Секция 19. Математическое моделирование в технике и экономике. Председатель секции – Мицель Артур Александрович, про-

- фессор каф. АСУ, д.т.н.; зам. председателя – Зариковская Наталья Вячеславовна, доцент каф. ЭМИС, к.ф.-м.н.
- Подсекция 19.1. Моделирование в естественных и технических науках. Председатель секции – Зариковская Наталья Вячеславовна, доцент каф. ЭМИС, к.ф.-м.н.; зам. председателя – Колотаев Илья Владимирович, разработчик ООО «Элекард-Мед»
- Подсекция 19.2. Моделирование в экономике. Председатель секции – Мицель Артур Александрович, профессор каф. АСУ, д.т.н.; зам. председателя – Кузьмина Елена Александровна, доцент каф. АСУ, к.т.н.
- Секция 20. Экономика и управление. Председатель секции – Осипов Юрий Мирзоевич, д.э.н., д.т.н., проф.; зам. председателя – Васильковская Наталья Борисовна, доцент каф. экономики, к.э.н.
- Секция 21. Экология и мониторинг окружающей среды. Безопасность жизнедеятельности. Председатель секции – Карташев Александр Георгиевич, профессор каф. РЭТЭМ, д.б.н.; зам. председателя – Денисова Татьяна Владимировна, доцент каф. РЭТЭМ, к.б.н.
- Секция 22. Социогуманитарные проблемы современности: история, теория, практика. Председатель секции – Суслова Татьяна Ивановна, декан ГФ, зав. каф. ФиС, д.ф.н., проф.; зам. председателя – Грик Николай Антонович, зав. каф. ИСР, д.и.н., проф.
- Подсекция 22.1. Актуальные проблемы социальной работы в современном обществе. Председатель секции – Грик Николай Антонович, зав. каф. ИСР, д.и.н., проф.; зам. председателя – Куренков Артем Валериевич, ст. преподаватель каф. ИСР, к.ист.н.
- Подсекция 22.2. Современные социокультурные технологии в организации работы с молодежью. Председатель секции – Суслова Татьяна Ивановна, декан ГФ, зав. каф. ФиС, д.ф.н., проф.; зам. председателя – Орлова Вера Вениаминовна, д.соц.н., профессор каф. ФиС, директор НОЦ «СГТ»; Покровская Елена Михайловна, доцент каф. ФиС, к.ф.н., директор НОЦ ГФ ТУСУРа
- Секция 23. Молодежные инновационные научные и научно-технические проекты. Председатель секции – Дробот Павел Николаевич, доцент каф. УИ, к.ф.-м.н.; зам. председателя – Антипин Михаил Евгеньевич, доцент каф. УИ, к.ф.-м.н.
- Секция 24. Автоматизация управления в технике и образовании. Председатель секции – Дмитриев Вячеслав Михайлович, зав.

каф. МиСА, д.т.н., проф.; зам. председателя – Ганджа Тарас Викторович, доцент каф. МиСА, к.т.н.

- Секция 25. Современные информационные технологии. Открытия. Творчество. Проекты. Председатель секции – Мозгунов Алексей Викторович, начальник отдела набора и распределения студентов
- Секция 26. Правовые проблемы современной России. Председатель секции – Соколовская Наталья Сергеевна, доцент каф. уголовного права, к.ю.н.

Адрес оргкомитета:

**634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40,
ГОУ ВПО «ТУСУР»
Научное управление (НУ), к. 205
Тел.: 8-(382-2) 701-524, 701-582
E-mail: nstusur@main.tusur.ru**

1-й том – 1–6-я секции;
2-й том – 7–11-я секции;
3-й том – 12–15-я секции;
4-й том – 16–19-я секции;
5-й том – 20–26-я секции.

СЕКЦИЯ 16

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ

*Председатель секции – Ходашинский Илья Александрович,
проф. каф. КИБЭВС, д.т.н.;*

*зам. председателя – Евсютин Олег Олегович,
доцент каф. КИБЭВС, к.т.н.*

ПРИМЕНЕНИЕ СОРНЯКОВОГО АЛГОРИТМА ОПТИМИЗАЦИИ ДЛЯ НАХОЖДЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ДИСКРЕТНОГО КОСИНУСНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ПРИ ВСТРАИВАНИИ ИНФОРМАЦИИ В ИЗОБРАЖЕНИЯ

А.Е. Анфилофьев, аспирант каф. КИБЭВС

*Научный руководитель И.А. Ходашинский, профессор каф. КИБЭВС, д.т.н.
г. Томск, ТУСУР, yowwi00@gmail.com*

Задача надежной защиты авторских прав, прав интеллектуальной собственности или конфиденциальных данных (которые в большинстве своем имеют цифровой формат) от несанкционированного доступа является одной из старейших и важнейших на сегодняшний день проблем.

Преимущества предоставления и передачи данных в цифровом виде могут быть перечеркнуты с легкостью, с которой возможны их похищение и модификация. Поэтому во всем мире развивается направление разработки методов по защите информации организационного, методологического и технического характера, среди них – методы криптографии и стеганографии.

Стеганография – наука, которая изучает способы и методы скрытия конфиденциальных сведений, включая скрытие самого факта существования секретных данных при передаче, хранении или обработке информации [1].

Алгоритм. Суть предлагаемого метода, основанного на методе Коха-Жао [2], состоит в изменении отношения между абсолютными значениями коэффициентов дискретного косинусного преобразования (ДКП) в среднечастотной области изображения. На практике встраивание осуществляется в область, содержащую среднечастотные коэффициенты. Эта условная область выбирается эмпирически, в зависимости от ожидаемого уровня сжатия (при реализации соответствующей атаки) и требуемого качества изображения.

Встраивание осуществляется побитно: один бит в один блок коэффициентов ДКП 8×8 . Встраивание осуществляется следующим алгоритмом:

1. Для каждого блока выбираются два коэффициента в среднечастотной области $\Omega_{x_1y_1}$ и $\Omega_{x_2y_2}$.

2. Встраивается бит таким образом, что при встраивании единицы разница абсолютных значений коэффициентов ДКП устанавливается большей некоторой величины P :

$$|\Omega_{x_1y_1}| - |\Omega_{x_2y_2}| \geq P.$$

При встраивании нуля разница абсолютных значений устанавливается меньшей P :

$$|\Omega_{x_1y_1}| - |\Omega_{x_2y_2}| \leq -P.$$

Недостатком оригинального метода является то, что выбор коэффициентов ДКП для встраивания $\Omega_{x_1y_1}$ и $\Omega_{x_2y_2}$ возлагается на пользователя. Но зачастую встраивание в выбранные коэффициенты вносят сильные искажения в изображение. Оценить искажения после встраивания можно через пиковое отношение сигнал/шум ($PSNR$).

Значение $PSNR$ можно определить через значение среднеквадратичной ошибки:

$$PSNR = 10 \lg \left(\frac{MAX_I^2}{MSE} \right),$$

$$MSE = \frac{1}{mn} \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} [I(i,j) - K(i,j)]^2,$$

где MAX_I – это максимальное значение, принимаемое пикселем изображения. Когда пиксели имеют разрядность 8 бит, $MAX_I = 255$, $I(i,j)$ и $K(i,j)$ – пространственные компоненты оригинального и измененного изображения.

Для нахождения наиболее подходящих для встраивания коэффициентов применяется сорняковый алгоритм, фитнес-функцией в котором является функция вычисления $PSNR$.

Сорняковый алгоритм оптимизации относится к популяционным алгоритмам, вдохновленным природой, и отражает поведение сорняков на ограниченной территории в борьбе за выживание в течение ограниченного количества времени. Алгоритм основан на модели поведения сорняков при колонизации, учитывающей базовые свойства этого процесса [4]:

- 1) распределение начального конечного числа семян;
- 2) производство выросшими растениями семян в зависимости от приспособленности растений;

- 3) размещение произведённых семян по области поиска;
- 4) отбор растений с более высокой приспособленностью;
- 5) повторение пунктов 2–4 до условий окончания процесса.

Эксперимент. Данный алгоритм применяется для нахождения оптимальных коэффициентов ДКП. Для проведения экспериментов выбраны данные из репозитория USC-SIPI и UCID [5, 6]. В качестве метода проведения тестирования было использовано сравнение вносимых изменений между изображением, полученным преобразованием оригинального изображения в формат JPEG, и изображением, полученным преобразованием оригинального изображения в формат JPEG, со встроенным сообщением.

Результаты

Изображение	Размер	Величина встраиваемого сообщения, бит	PNSR, дБ	Значение P
Lena	512×512	–	35,63	–
Lena	512×512	4096	35,14	4
Lena	512×512	4096	34,09	6
Lena	512×512	4096	32,78	8
House	256×256	–	33,04	–
House	256×256	1024	32,58	4
House	256×256	1024	31,48	6
House	256×256	1024	30,42	8

Заключение. Анализируя представленную таблицу можно отметить, что внесенные изменения при малых значениях параметра P слабо влияют на полученное после встраивание изображение. При увеличении значения параметра P увеличиваются вносимые искажения в изображение, но вместе с этим увеличивается устойчивость изображения со встроенным сообщением к последующим изменениям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коханович Г.Ф., Пузыренко А.Ю. Компьютерная стеганография. Теория и практика. Киев: МК-Пресс, 2006. С. 9–13.
2. Zhao J., Koch E. Embedding Robust Labels into Images for Copyright Protection // Congress on Intellectual Property Rights for Specialized information, Knowledge and New Techniques. Venna: Verlag, 1995. P. 123–132.
3. Kutter M., Petitcola M. A Fair Benchmark For Image Watermarking Systems // Electronic Imaging 1999. Security and Watermarking of Multimedia Contents. Sans Jose: the International Society for Optical Engineering, 1999. Vol. 3657. P. 1–14.

4. Rad H.S., Lucas C.A. Recommender System based in Invasive Weed Optimization Algorithm // IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC 2007). Singapore. 2007. P. 4297–4304.

5. USC-SIPI Image Database // T.U. of Southern California [Электронный ресурс]. URL: <http://sipi.usc.edu/services/database/database.htm>. (дата обращения: 20.02.2015).

6. UCID Image Dataset // L. University [Электронный ресурс]. URL: <http://homepages.lboro.ac.uk/cogs/datasets/ucid/data/ucid.v2.tar.gz> (дата обращения: 22.02.2015).

ГРАВИТАЦИОННЫЙ АЛГОРИТМ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ НЕЧЕТКОГО АППРОКСИМАТОРА

М.Б. Бардамова, студентка каф. КИБЭВС

Научный руководитель И.А. Ходашинский, профессор каф. КИБЭВС, д.т.н.

г. Томск, ТУСУР, 722bmb@gmail.com

*Проект ГПО-1404 «Нечеткие классификаторы
обнаружения вторжений»*

При описании сложных информационных моделей часто используются системы, построенные на нечетких правилах. Такие системы, учитывая неполноту и неточность исходных данных, способны при меньшей затрате ресурсов предоставлять наиболее достоверные результаты.

В процессе построения нечетких аппроксиматоров и классификаторов ключевым этапом для достижения большей точности является оптимизация параметров нечеткой системы, требующая применения специализированных методов оптимизации.

Метаэвристические алгоритмы, основанные на имитации физических процессов, природных явлений, поведения животных, позволяют осуществлять задачи поиска минимума или максимума функций с высокой точностью, поскольку имеют меньшую вероятность попадания в локальные экстремумы в сравнении с классическими алгоритмами, построенными на вычислении производных.

Целью работы является настройка параметров нечёткого аппроксиматора с помощью гравитационного алгоритма.

Нечёткий аппроксиматор. Нечеткий аппроксиматор строится на основе таблиц наблюдений и базы нечетких правил типа «если..., то...» [1]. Каждое правило состоит из двух частей – антецедентной и консеквентной. В первой содержится утверждение относительно значений входных переменных, во второй указывается значение выходной переменной.

Выход аппроксиматора определяет степень принадлежности входных данных из таблицы наблюдений их лингвистическим термам, по которым оцениваются признаки.

Критерий качества аппроксимации выражается через среднеквадратическую функцию ошибки (MSE), которая вычисляется для обучающей и тестовой выборки отдельно. Размер ошибки зависит от параметров лингвистических термов, поэтому оптимизация вектора этих параметров приводит к минимизации ошибки.

Гравитационный алгоритм. Гравитационный алгоритм оптимизации основан на фундаментальных законах тяготения Ньютона [2]. Популяция векторов, состоящих из параметров антецедентов нечеткого аппроксиматора, рассматривается как система частиц, массы которых рассчитываются с помощью значения фитнес-функции (MSE) данного вектора, а также лучшего и худшего значений среди всех векторов. На каждой итерации вычисляются следующие характеристики частиц: расстояние между частицами, равнодействующая сил гравитационного притяжения к остальным частицам, ускорение, скорость и перемещение. После каждой итерации координаты вектора складываются с перемещением и по новым значениям вычисляются следующие значения фитнес-функции.

Алгоритм прекращает работу при достижении заданного количества итераций или при появлении ситуации, когда все частицы обладают одинаковыми значениями фитнес-функции. Результатом работы алгоритма является вектор с наименьшим значением MSE . Контроль точности поиска регулируется коэффициентами монотонно убывающей функции, задающей изменение гравитационной постоянной, необходимой для расчета силы притяжения.

Эксперимент. В качестве входных значений использованы репозитории KEEL (<http://www.keel.es>). Об эффективности алгоритма можно судить по показателю критерия качества аппроксимации. Ниже приведены таблицы с усредненными показателями работы алгоритма на пяти выборках *ele-2* (1066 образцов, 4 входные переменные) и *dee-5* (365 образцов, 6 входных переменных). В ходе эксперимента были использованы различные значения параметров – количество правил, итераций и векторов – частиц (табл. 1, 2).

В настоящий момент алгоритм демонстрирует уменьшение ошибки на выборках *ele-2* в 1,5–2 раза; среднее время выполнения 1000 итераций для *dee-5* составляет 10 мин, для *ele-2*–5,5 мин.

Для улучшения работы алгоритма планируется снизить эффект воздействия частиц с наименьшими массами на остальные частицы путем использования только набора частиц с лучшими показателями.

Таблица 1

Применение гравитационного алгоритма на выборках ele-2

Количество правил	81	81	81	256	256
Количество итераций	100	500	1000	1000	1000
Количество частиц	50	40	40	40	50
MSE/2 обучающей	36510	36510	36510	26990	26990
Оптимизация алгоритмом	23322	19390	17358	12375	12549
MSE/2 тестовой	36263	36263	36263	26984	26984
Оптимизация алгоритмом	22769	21152	18581	14007	13828

Таблица 2

Применение гравитационного алгоритма на выборках dee-5

Количество правил	729	729	729	729	1728	1728
Количество итераций	100	100	1000	500	100	100
Количество частиц	40	80	40	40	40	80
MSE/2 обучающей	0,107	0,107	0,107	0,107	0,099	0,099
Оптимизация алгоритмом	0,093	0,092	0,096	0,094	0,087	0,086
MSE/2 тестовой	0,111	0,111	0,111	0,111	0,107	0,107
Оптимизация алгоритмом	0,099	0,097	0,102	0,102	0,098	0,099

Заключение. Гравитационный алгоритм довольно сложен в реализации, поскольку имеет большое количество вычисляемых характеристик, но его несомненным преимуществом является высокая скорость сходимости.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ходашинский И.А., Дудин П.А.* Идентификация нечетких систем на основе непрерывного алгоритма муравьиной колонии // Автометрия. 2012. Т. 48, № 1. С. 45–71.
2. *Rashedi E., Nezamabadi-pour H., Saryazdi S.* GSA: A Gravitational Search Algorithm // Information Sciences. 2009. Vol. 179. P. 2232–2248.

КОДИРОВАНИЕ ИНТУИЦИОНИСТСКИХ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ ДЛЯ ЗАПИСИ В ВИДЕ ЧИСЛОВОГО ВЕКТОРА

А.В. Боровков, аспирант каф. КИБЭВС

г. Томск, ТУСУР, xander27b@gmail.com

Krassimir Atanassov предложил понятие интуиционистских нечетких множеств (ИНМ) [1]. ИНМ описываются не одной функцией принадлежности (ФП) $\mu(x)$, а двумя функциями: функцией принадлежности $\mu(x)$ и функцией непринадлежности (ФНП) $\nu(x)$, причем

$$\forall x: 0 \leq \mu(x) + \nu(x), \leq 1.$$

При работе с нечеткими системами в подавляющем большинстве случаев используются одни и те же виды ФП: треугольная, трапециевидная (рис. 1). Их графики являются простыми геометрическими фигурами, они могут быть легко интерпретированы человеком и представлены в виде числового вектора для использования в системах осуществляющих нечёткий вывод. Использование одного и того же набора ФП позволяет обмениваться наработками в области нечетких систем (НС) и легко сравнивать результаты экспериментов.

Постановка задачи. Для ИНМ нет сформированного набора общепринятых ФП и ФНП, что затрудняет разработку НС с использованием ИНМ. Необходимо разработать подход к кодированию ИНМ, упрощающий работу с ними.

Результаты работы. В качестве решения для практического использования предлагается выбрать некоторое подмножество ФП и ФНП. Назовем интуиционистское нечеткое множество согласованным, если для любого x ФП и ФНП этого множества не могут одновременно принимать значение, отличное от 0. Тогда для описания такого множества можно ввести одну функцию $\gamma(x): R \rightarrow [-1; 1]$, где

$$\gamma(x) = \begin{cases} \mu(x), & \text{при } \mu(x) > 0; \\ -\nu(x), & \text{при } \mu(x) = 0. \end{cases}$$

Таким образом, мы можем применять для описания согласованных ИНМ те же ФП, что и для описания обычных НМ, применив композицию обычной ФП и линейной функции.

Если $\alpha(x)$ – ФП для обычного нечеткого множества, то на ее основе мы можем получить функцию $\gamma(x)$ для ИНМ, при $\gamma_{x\min} \in [-1; 0]$ и $\gamma_{x\max} \in [1; 0]$:

$$\gamma(x) = \gamma_{x\min} + \alpha(x)(\gamma_{x\min} - \gamma_{x\max}),$$

таким образом добавив к обычной ФП для обычного нечеткого множества два параметра.

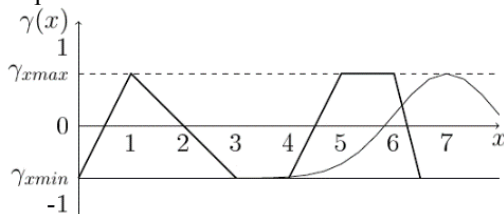


Рис. 1. ФП для согласованных ИНМ: треугольная, трапециевидная, гауссовская

Рассмотрим кодирование на примере треугольной ФП. Пусть a, b, c – значения координат левой, верхней и правой вершин треугольника по оси абсцисс. Тогда ФП можно однозначно описать вектором

$$p = \left(\frac{a - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \frac{b - a}{x_{\max} - a} \frac{c - b}{x_{\max} - b} - \gamma_{x\min} \gamma_{x\max} \right).$$

Рассмотрим аналогичный подход для трапециевидной ФП. Пусть a, b, c, d – значения координат левой нижней, левой верхней и правой верхней, правой нижней вершин по оси абсцисс. Тогда ФП можно описать вектором

$$p = \left(\frac{a - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \frac{b - a}{x_{\max} - a} \frac{c - b}{x_{\max} - b} \frac{d - c}{x_{\max} - c} - \gamma_{x\min} \gamma_{x\max} \right).$$

Для гауссовской ФП, где $\mu(x) = e^{-\left(\frac{x-c}{\sigma}\right)^2}$ вектор параметров будет следующим:

$$p = \left(\frac{c - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \frac{\sigma}{x_{\max} - x_{\min}} - \gamma_{x\min} \gamma_{x\max} \right).$$

Анализ полученных результатов. Подход по описанию ИНМ с помощью простых функций хорошо зарекомендовал себя при использовании. Плюсами данного подхода являются простота и использование существующих ФП и количество изменений, вносимых в существующие системы. Минусом является относительно ограниченный набор возможных ФП.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Atanassov K.T.* On Intuitionistic Fuzzy Sets Theory. Springer, 2012. 231 p.

РЕКУРРЕНТНЫЙ МЕТОД НАИМЕНЬШИХ КВАДРАТОВ КАК СРЕДСТВО ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ НЕЧЕТКИХ СИСТЕМ ТИПА СИНГЛТОН

С.А. Черепанов, студент каф. КИБЭВС

*Научный руководитель И.А. Ходашинский, профессор каф. КИБЭВС, д.т.н.
г. Томск, ТУСУР, sivkinpunk@gmail.com*

Целью данной работы является представление результатов тестирования реализации рекуррентного метода наименьших квадратов (далее – МНК) при параметрической идентификации нечеткой системы типа синглтон, а также сравнение его с аналогами.

Нечеткая система типа синглтон. Нечеткая система типа синглтон выполняет отображение из входного пространства $A \subset \mathfrak{R}^n$ в выходное пространство $B \subset \mathfrak{R}$. В такой системе i -е правило представлено следующим образом:

IF $x_1 = A_{1i}$ AND $x_2 = A_{2i}$ AND ... AND $x_n = A_{ni}$ THEN $y = r_i$,

где A_{ji} – лингвистический терм, которым оценивается переменная x_j , $r_i \in \mathfrak{R}$ – значение консеквента i -го правила.

Нечеткая система задает отображение $f: \mathfrak{R}^n \rightarrow \mathfrak{R}$:

$$f(\mathbf{x}) = \sum_{i=1}^R \prod_{j=1}^n \mu_{A_{ji}}(x_j) \cdot r_i / \sum_{i=1}^R \prod_{j=1}^n \mu_{A_{ji}}(x_j) = \sum_{i=1}^R \xi_i(\mathbf{x}) r_i,$$

где

$$\xi_i(\mathbf{x}) = \prod_{j=1}^n \mu_{A_{ji}}(x_j) / \sum_{i=1}^R \prod_{j=1}^n \mu_{A_{ji}}(x_j),$$

и может быть представлена как

$$y = f(\mathbf{x}; \boldsymbol{\theta}, \mathbf{r}),$$

где $\boldsymbol{\theta} = [\boldsymbol{\theta}_1, \boldsymbol{\theta}_2, \dots, \boldsymbol{\theta}_N]$ – вектор антецедентов, $\mathbf{r} = [r_1, r_2, \dots, r_R]$ – вектор консеквентов.

В данной работе предлагается применение рекуррентного метода наименьших квадратов для настройки значений вектора параметров консеквентов $\mathbf{r}$ нечёткой системы типа синглтон.

Описание алгоритма

Пусть имеется обучающая выборка $\{(\mathbf{x}_p, y_p) | p = 1, \dots, m\}$. Тогда среднеквадратичная ошибка (MSE) нечеткой системы описывается следующим выражением [1]:

$$MSE = \frac{1}{2m} \sum_{i=1}^m e_i^2,$$

где

$$e_p = y_p - f(\mathbf{x}_p, \boldsymbol{\theta}, \mathbf{r}).$$

Для нахождения минимума MSE по параметру $\mathbf{r}$ в данной работе предлагается применить рекуррентный МНК в качестве альтернативы классическому.

Применение рекуррентного метода наименьших квадратов позволяет избежать данных проблем. В данном методе вектор параметров высчитывается рекуррентно:

$$\hat{\mathbf{r}}(k) = \hat{\mathbf{r}}(k-1) + P(k) \xi_k(\mathbf{x}) (y_k - \xi_k(\mathbf{x})^T \hat{\mathbf{r}}(k-1)),$$

где $P(k)$ – ковариационная матрица, также вычисляемая рекуррентно:

$$P(k) = \frac{1}{\lambda} \left[I - P(k-1) \xi_k(\mathbf{x}) (\lambda I + \xi_k(\mathbf{x})^T P(k-1) \xi_k(\mathbf{x}))^{-1} \xi_k(\mathbf{x})^T \right] P(k-1),$$

где I – единичная матрица, $0 < \lambda < 1$ – фактор забывания (чем меньше λ , тем большее влияние на результат оказывают новые данные).

В этом случае $\hat{\mathbf{r}}(0)$ считается по классическому МНК на специально подготовленной обучающей выборке, не дающей вырожденной матрицы. $P(0)$ задается как $I \cdot L$, где L – большое число (на несколько порядков больше обрабатываемых данных [2]).

Использование рекуррентных формул позволяет избежать известной проблемы классического МНК, вызванной появлением вырожденных матриц [2].

Тестирование и результаты. Для тестирования были использованы следующие множества данных с репозитория сайта keel.es: plastic (2 входные переменные, 1650 образцов), dee (6 входных переменных, 365 образцов), ANACALT (7 входных переменных, 4052 образца), wizmir (9 входных переменных, 1461 образец).

Рекуррентный МНК тестировался при трёх различных наборах параметров:

- РМНК1 – $n = 3$ (количество итераций), $\lambda = 1$ (фактор забывания);
- РМНК2 – $n = 30$, $\lambda = 1$;
- РМНК3 – $n = 3$, $\lambda = 0,99$.

Тестирование производилось на пяти наборах каждого множества данных, по одному испытанию. Генерация правил производилась при помощи перебора с равномерным разбиением.

Усредненное значение *MSE* системы до и после воздействия разных вариантов РМНК, а также ее среднеквадратичное отклонение (СКО) приведены в табл. 1–4.

Таблица 1

Результаты тестирования на множестве данных plastic

	Правила	Обучающая		Тестовая	
		MSE	СКО	MSE	СКО
Исходная	4	3,990534	0,045861	4,702004	0,183443
РМНК1		1,165563	0,015211	1,174465	0,06152
РМНК2		1,165563	0,015211	1,174465	0,061521
РМНК3		1,175692	0,018003	1,182185	0,067181

Таблица 2

Результаты тестирования на множестве данных dee

	Правила	Обучающая		Тестовая	
		MSE	СКО	MSE	СКО
Исходная	64	0,134582	0,016039	0,154852	0,020467
РМНК1		0,05718	0,002735	0,083068	0,017558
РМНК2		0,056223	0,002989	0,091812	0,028662
РМНК3		0,061419	0,002823	0,103988	0,030216

РМНК3 показывает стабильно худшие результаты, чем РМНК1 и РМНК2, т.е. отклонение λ от единицы ведет к ухудшению результата. Результаты РМНК1 и РМНК2 близки, однако РМНК2 менее устойчив к проблеме переобучения. Кроме того, время выполнения РМНК2 в среднем в 10 раз больше, чем РМНК1 (тридцать итераций вместо

трех). Поэтому в сравнении с другими алгоритмами участвует только РМНК1.

Таблица 3

Результаты тестирования на множестве данных ANACALT

	Правила	Обучающая		Тестовая	
		MSE	СКО	MSE	СКО
Исходная	128	0,621017	0,001963	0,620939	0,007588
РМНК1		0,081882	0,002733	0,090292	0,015931
РМНК2		0,081874	0,002738	0,094145	0,02165
РМНК3		Не уменьшает ошибку			

Таблица 4

Результаты тестирования на множестве данных wizmir

	Правила	Обучающая		Тестовая	
		MSE	СКО	MSE	СКО
Исходная	512	3,898685	0,386364	3,989044	0,26617
РМНК1		0,545317	0,019641	0,681762	0,092858
РМНК2		0,513348	0,019285	0,723413	0,110462
РМНК3		2,955146	0,501123	1034006	1689832

Проведено сравнение со следующими алгоритмами:

– адаптивный МНК (АМНК), реализация классического МНК. Не дает результатов в случае получения в ходе вычислений вырожденной матрицы;

– METSK-HD^e (Multiobjective Evolutionary learning of TSK systems for High Dimensional problems with *estimated* error), двухэтапный алгоритм, первым этапом которого является настройка antecedents нечеткой системы, а второй – настройка consequents. Более подробное описание данного алгоритма представлено в [1].

В табл. 5 представлены значения *MSE* на обучающей (tra) и тестовой (tst) выборках после настройки данными алгоритмами.

Таблица 5

Сравнение АМНК, METSK-HD^e и РМНК

Данные Алгоритм	plastic		dee		ANACALT		wizmir	
	tra	tst	tra	tst	tra	tst	tra	tst
АМНК	1,166	1,174	0,055	0,097	–	–	–	–
METSK-HD ^e	1,057	1,136	0,030	0,103	0,002	0,004	0,729	0,944
РМНК1	1,166	1,174	0,057	0,083	0,082	0,090	0,545	0,682

Как видно из данной таблицы, рекуррентный МНК, который является алгоритмом настройки consequents, показывает результаты на

уровне двухэтапного алгоритма, а также имеет меньшее расхождение между ошибками на обучающих и тестовых выборках.

Заключение. В данной работе предложено использовать рекуррентный МНК в качестве средства настройки параметров консеквентов нечеткой системы типа синглтон. Использование рекуррентных формул позволяет избежать проблемы классического МНК, вызванной появлением во время вычислений вырожденных матриц.

Было произведено тестирование на трех множествах данных и сравнение реализации предлагаемого алгоритма с такими аналогами, как классический МНК и METSK-HD^e. Рекуррентный МНК показывает удовлетворительные результаты по *MSE*. Кроме того, алгоритм показывает сравнительно малые расхождения между ошибкой на обучающих и тестовых выборках, т.е. является устойчивым к проблеме переобучения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Gacto M.J. METSK-HD^e: A multiobjective evolutionary algorithm to learn accurate TSK-fuzzy systems in high-dimensional and large-scale regression problems / M.J. Gacto, M. Galende, R. Alcalá, F. Herrera // Information Sciences. 2014. Vol. 276. P. 63–79.
2. Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. 320 с.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕЧЕТКОЙ СИСТЕМЫ ТИПА СИНГЛТОН С ОДИНОЧНЫМИ ТЕРМАМИ

И.В. Горбунов, м.н.с. ИСИБ

*Научный руководитель И.А. Ходашинский, профессор каф. КИБЭВС, д.т.н.
г. Томск, ТУСУР, giv@keva.tusur.ru*

Постановка задачи. Генерация нечетких систем алгоритмом равномерного разбиения и перебора термов (АРРИП) [1] при большом количестве входных параметров в таблице наблюдений создает громоздкую базу правил. Один из способов уменьшения пространства поиска – удаление термов. В работе рассмотрено пограничное состояние нечеткой системы типа синглтон [2], когда в базе правил после удаления части термов некоторые входные параметры определяются одиночными термами. В дальнейшем для краткости такие базы правил будем называть базами правил с одиночными термами.

В работе предлагается алгоритм удаления терма из базы правил, при котором сохраняется непротиворечивость нечеткой системы в случае аппроксимации на базе правил с одиночными термами. Оценкой эффективности данного алгоритма будет служить точность вывода

нечеткой системы, рассчитываемая по формуле
$$\text{MSE}(\theta) = \frac{1}{2n} \sum_{p=1}^n [t_p - y_{\theta}(\mathbf{x}_p)]^2,$$

где n – количество строк в таблице наблюдения $\{\mathbf{x}_p, t_p\}$; $\mathbf{x}_p$ – вектор входных параметров в таблице наблюдения; t_p – значение выходного параметра; $y_{\theta}(\mathbf{x}_p)$ – результат аппроксимации нечеткой системой с базой правил θ вектора $\mathbf{x}_p$.

Далее представлен алгоритм усечения базы правил удалением термина (АУБПУТ).

Вход: таблица наблюдений $\{\mathbf{x}_p, t_p\}$, база правил θ .

Выход: θ^* – усеченная база правил аппроксиматора.

Алгоритм:

Шаг 1. $i:=1$;

Шаг 2. $\theta_i := \theta$;

Шаг 3. Усечь в θ_i все правила, содержащие терм с номером i , исключив из их антецедентов данный терм;

Шаг 4. Удалить в θ_i правила, содержащие одинаковые антецеденты;

Шаг 5. Удалить из θ_i терм с номером i ;

Шаг 6. $\text{Error}_i := \text{MSE}(\theta_i)$;

Шаг 7. $i:=i+1$;

Шаг 8. ЕСЛИ i меньше количества термов θ ТО шаг 2;

Шаг 9. $\theta^* = \theta_z$, где $z = \arg \min_z (\text{Error}_z)$

Схема эксперимента. Эксперимент проведен на разделённых на части наборах данных из репозитория KEEL [4] по методу кросс-валидации при соотношении обучающих данных к тестовым как 80 к 20%. Для тестов использованы наборы данных Ele-2, Wankara, Wizmir.

Первый эксперимент состоит в генерации нечеткой базы правил алгоритмом АРРИП таким образом, чтобы каждый входной параметр описывался двумя терминами. Обозначим полученную базу правил как **Normal**. Усечем базу правил **Normal** алгоритмом АУБПУТ, результирующую базу правил обозначим как **CutOne**. Усечем базу правил **CutOne** и получим базу правил **CutTwo**. Кроме того, жадным алгоритмом [3] исключим один входной параметр из таблицы наблюдения и сгенерируем алгоритмом АРРИП базу правил **NoFeature**, в которой также каждый входной параметр будет описываться двумя терминами. Данный эксперимент позволит произвести сравнительную оценку ошибок аппроксимации для баз правил с одиночными терминами.

В табл. 1 представлены основные характеристики наборов данных и баз правил. Введем следующие обозначения: количество строк в таб-

лице наблюдения (*C*), количество входных параметров (*ВП*), количество правил (*КП*) и количество термов (*T*).

Таблица 1

Характеристики баз правил и наборов данных										
Характеристики набора данных			Характеристики базы правил							
			Normal		CutOne		CutTwo		NoFeature	
Название	<i>C</i>	<i>ВП</i>	<i>КП</i>	<i>T</i>	<i>КП</i>	<i>T</i>	<i>КП</i>	<i>T</i>	<i>КП</i>	<i>T</i>
Ele-2	1056	4	16	8	16	7	16	6	8	6
Wankara	1609	9	512	18	512	17	512	16	256	16
Wizmir	1461	9	512	18	512	17	512	16	256	16

Второй эксперимент заключается в оптимизации ранее полученных баз правил. Для оптимизации использованы следующие подходы: алгоритм роящихся частиц и метод наименьших квадратов (МНК) [2]. Этот эксперимент позволяет оценить, насколько хорошо поддаются оптимизации базы правил с одиночными термами по сравнению с базами правил, сгенерированными по алгоритму АРРИП.

Анализ результатов. В табл. 2, 3 представлены усреднённые ошибки MSE в задаче аппроксимации, где *tra* – значение на обучающей выборке, а *tst* – значение на тестовой выборке. В табл. 2 представлены ошибки аппроксимации для баз правил, полученных в первом эксперименте.

Таблица 2

Усредненные ошибки аппроксимации после этапа генерации								
База правил	Normal		CutOne		CutTwo		NoFeature	
Набор данных	<i>Tra</i>	<i>Tst</i>	<i>tra</i>	<i>tst</i>	<i>tra</i>	<i>tst</i>	<i>tra</i>	<i>tst</i>
Ele-2	50800	50781	49931	49912	49931	49912	50800	50781
Wankara	2,633	2,597	2,442	2,436	2,346	2,350	2,536	2,528
Wizmir	3,899	3,989	3,708	3,786	3,573	3,650	3,685	3,718

Ошибки аппроксимации, полученные во втором эксперименте, представлены в табл. 3.

Таблица 3

Усредненные ошибки аппроксимации после оптимизации								
База правил	Normal		CutOne		CutTwo		NoFeature	
Набор данных	<i>tra</i>	<i>tst</i>	<i>tra</i>	<i>tst</i>	<i>tra</i>	<i>tst</i>	<i>tra</i>	<i>tst</i>
Ele-2	8313	8758	9477	10415	10216	11252	10430	11363
Wankara	0.845	0.935	0.811	0.908	0.830	0.936	0.878	0.954
Wizmir	0.646	0.731	0.679	0.770	0.672	0.725	0.674	0.750

Базы правил **CutOne** и **CutTwo** показали минимальные ошибки на всех обучающих и на тестовых выборках для всех наборов данных.

Данный факт иллюстрирует эффективность баз правил с одиночными терминами после этапа генерации.

Из табл. 3 видно, что базы правил с одиночными терминами после оптимизации не всегда дают минимальную ошибку аппроксимации. Базы правил с одиночными терминами в меньшей степени оптимизируются алгоритмом МНК, что видно по ошибке на наборе данных Ele-2.

В определенных случаях базы правил с одиночными терминами использовать неоправданно, например, на наборе данных Wizmir база правил **NoFeature** по ошибкам аппроксимации слабо отличается от **CutOne** и **CutTwo**, но притом содержит вдвое меньшее количество правил, поэтому ее использование является предпочтительным.

По результатам экспериментов видно, что базы правил с одиночными терминами, полученные применением алгоритма АУБПУТ, могут быть использованы в нечетких системах типа синглтон.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Chen M.-Y., Linkens D.A.* Rule-based self-generation and simplification for data-driven fuzzy models // *Fuzzy Sets and Systems*. 2004. Vol. 142, Issue 2. P. 243–265.
2. *Ходашинский И.А.* Идентификация нечетких систем на базе алгоритма имитации отжига и методов, основанных на производных // *Информационные технологии*. 2012. №3. С. 14–20.
3. *Couvreur C., Bresler Y.* On the optimality of the backward greedy algorithm for the subset selection problem // *SIAM Journal on Matrix Analysis and Applications*. 2000. Vol. 21, Issue 3. P. 797–808.
4. *Kennedy J.* Particle swarm optimization / J. Kennedy, R.C. Eberhart // *Proc. of IEEE International Conference on Neural Networks*. 1995. Vol. 4. P. 1942–1948.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОСВЕЩЕННОСТИ НА КЛАССИФИКАЦИЮ ТЕКСТУР НА ОСНОВЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕКСТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

К.А. Костин, магистрант каф. ОСУ

Научный руководитель С.В. Аксёнов, доцент, к.т.н.

г. Томск, НИ ТПУ, kak@tpu.ru

Одной из актуальных задач на сегодня в области обработки мультимедиа-информации является задача поиска изображений и видео по содержанию. Это объясняется тем, что накопление огромных массивов медиа-информации пользователей как в их личных коллекциях, так и в сети с использованием различных приложений, хостингов и банков данных привело к тому, что эффективное использование данных коллекций затруднено, т.к. требует ручного поиска или поиска по зачас-

тую не соответствующему содержанию самого файла описанию, составленному самим пользователем [1].

В качестве решения данной проблемы предлагается предварительная обработка медиа-данных с локализацией и классификацией объектов содержания файлов данных с помощью выделения текстурных характеристик и использования интеллектуального классификатора, подробно описанного в [2]. В данной работе были произведены исследования, касающиеся такого аспекта классификации текстур, как эффективность классификации текстуры при различной освещенности, а именно необходимое количество образцов текстуры для эффективной её классификации при различных уровнях освещенности.

Для проведения исследования используется программа, реализующая выделение текстурных характеристик изображения или кадра видео, и классификатор, определяющий на основе текстурных характеристик принадлежность объекта к тому или иному классу текстур.

В рамках исследования было выбрано 8 образцов изображений местности при различной освещенности, на них было выбрано 3 текстуры: кирпичная стена, балкон, кровля крыши. При высокой освещенности текстурные характеристики данных образцов текстур различаются значительно. Гистограмма характеристики зеленой компоненты L5R5 для данных текстур и сами образцы текстур представлены на рис. 1.

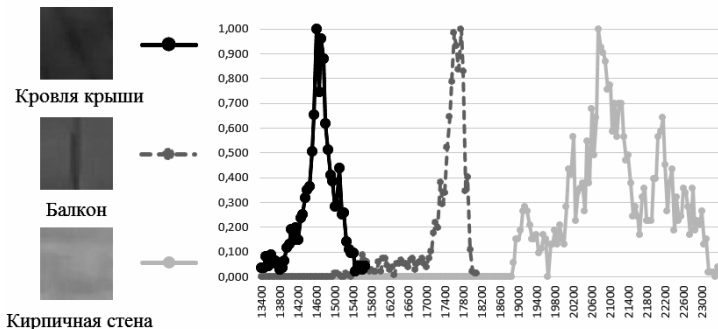


Рис. 1. График распределения текстурной характеристики изменения уровня зеленого компонента по горизонтали и волнистости по вертикали для трех исследуемых текстур

Из объектов выделенных текстур на исходных изображениях для исследования были созданы картинки, состоящие только из них. Было создано 8 таких изображений для различных уровней освещенности от самого светлого, объекты которого были взяты с изображения в дневное время суток, до темного, находящегося на границе классификации объекта для человека.

В эксперименте для классификации текстуры кирпичной стены на сформированных изображениях были использованы её образцы, взятые с оригиналов при различных уровнях освещенности. Суть эксперимента состояла в определении доли правильно распознанных точек объекта на изображениях при использовании набора текстур из всего предложенного диапазона уровней освещённости. В табл. 1 представлены результаты проведенного эксперимента. По горизонтали расположены изображения в порядке уменьшения уровня освещенности, по вертикали – текстуры в хранилище, необходимые для классификации в порядке уменьшения уровня освещенности.

Таблица 1

Результаты классификации текстуры при изменении уровня освещенности

Доля правильно классифицированных точек текстуры для изображений, %	1	2	3	4	5	6	7	8
1-я текстура	92	72	58	17	0	0	0	0
2-я текстура	61	93	32	3	0	0	0	0
3-я текстура	72	45	95	59	0	0	0	0
4-я текстура	32	5	63	91	1	0	0	0
5-я текстура	0	0	0	2	93	0	0	0
6-я текстура	0	0	0	0	0	96	86	0
7-я текстура	0	0	0	0	0	9	95	0
8-я текстура	0	0	0	0	0	0	0	93

Как видно из результатов, искомый объект на более светлых изображениях распознается лучше при использовании для классификации более светлых текстур. Диапазон использования светлых текстур для распознавания объектов с более высоким уровнем освещенности шире, чем для темных текстур. Одну и ту же текстуру, находящуюся в более светлом диапазоне, достаточно эффективно можно использовать для классификации объектов на изображениях разного уровня освещенности. Для более темных изображений должны использоваться текстуры того же уровня освещенности.

Видно, что использование такого набора текстур для классификации объектов на данном диапазоне изменения освещенности является избыточным. Поэтому были проведены дополнительные эксперименты, в которых для классификации были использованы объединенные характеристики нескольких текстур. Результат экспериментов, которые выявили из 8 изначальных текстур 4, одновременное использование которых для классификации позволяет классифицировать объекты почти на всех изображениях, сформированных для данного исследования, показаны в табл. 2.

Таблица 2

Результаты классификации текстур при использовании 4 образцов

Доля правильно классифицированных точек текстур для изображений, %	1	2	3	4	5	6	7	8
1, 3, 5, 6-я текстуры	82	47	67	45	60	66	52	0

Как видно из полученных результатов, при использовании 4 образцов текстур доля правильно классифицированных точек объекта при различных уровнях освещенности достаточно высока и в большинстве случаев составляет более 50% для данного эксперимента.

Проведенное исследование позволяет выявить из заданного набора образцов текстур те, которые позволят с наименьшей избыточностью обеспечить наиболее высокую долю правильной классификации объектов на изображениях при различном уровне освещенности.

В дальнейшем планируется провести дополнительные исследования о влиянии масштабирования текстур на эффективность классификации и выявлении необходимого количества образов для классификации объектов разных масштабов.

Исследование поддержано грантом Российского фонда фундаментальных исследований №14-07-31090 МОЛ_А.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рудевич А. Постоянный рост объема медиа. Информационный токсикоз: экономика избытка // Русская семерка. 2014. URL: <http://russian7.ru/2014/04/informacionnyj-toksikoz-perezagruzka/> (дата обращения: 01.02.2015).
2. Аксёнов С.В., Костин К.А., Герасимова Н.И. Использование фильтров Лавса для классификации текстур на GPU // Высокопроизводительные параллельные вычисления на кластерных системах: матер. XIV Междунар. конф. 10–12 ноября 2014 г. Пермь: Изд-во Перм. национального исследовательского политехн. ун-та, 2014. С. 14–20.

**ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ НЕЧЕТКОГО
АППРОКСИМАТОРА АЛГОРИТМОМ
ПРЫГАЮЩИХ ЛЯГУШЕК**

В.С. Ковалев, студент каф. КИБЭВС

Научный руководитель И.А. Ходашинский, профессор каф. КИБЭВС, д.т.н.

г. Томск, ТУСУР, vitaly_979@mail.ru

*Проект ГПО-1404 «Нечеткие классификаторы
обнаружения вторжений»*

С помощью классических математических методов не всегда можно добиться оптимального решения нестандартных практических

задач. В ситуациях, когда приходится оперировать неточными понятиями, обоснованным решением будет использование нечетких систем. Одним из примеров использования нечеткой системы является решение задачи минимизации ошибки аппроксимации данных.

В свою очередь настройка параметров нечеткой системы – это важный этап в решении подобной задачи. Увеличить точность системы позволяют алгоритмы оптимизации. Алгоритмы, основанные на нахождении производных, сталкиваются с проблемой попадания в локальный экстремум при поиске минимума или максимума математических функций [1]. Большой устойчивостью обладают метаэвристические алгоритмы.

В данной работе представлен метаэвристический алгоритм, основанный на явлениях живой природы, который позволяет с высокой скоростью осуществить оптимизацию параметров нечеткого аппроксиматора.

Нечёткий аппроксиматор. Существует два подхода к построению аппроксиматора: на основе знаний и опыта эксперта и с помощью таблицы наблюдений [2]. Процесс построения системы связан с установлением закономерностей между входными и выходными переменными наблюдаемого объекта. В нечетких системах такие закономерности представлены в виде «если..., то...» правил. Оптимизация параметров – это поиск оптимальных значений всех параметров нечеткой системы, т.е. определение значений консеквентной части правила и параметров функций принадлежности в антецедентной части каждого правила на основе заданных критериев качества и метода.

Критерий качества аппроксимации определяется среднеквадратической функцией ошибки. Размер ошибки зависит от параметров антецедентов, поэтому оптимизация вектора этих параметров приводит к минимизации ошибки.

Алгоритм прыгающих лягушек. Алгоритм вдохновлен поведением группы лягушек в процессе поиска безопасной среды обитания [3]. Векторы антецедентов объединяются в группы, называемые мемеплексами. Основой алгоритма является комбинирование локального поиска в пределах каждого из мемеплексов и глобального поиска путем обмена информацией о положениях лучших агентов этих мемеплексов и определения на этой основе глобально лучшего агента. В глобальном поиске происходит расчет фитнес-функции векторов и их сортировка в порядке убывания по найденным значениям для дальнейшего объединения в мемеплексы. Далее в локальном поиске в каждом мемеплексе происходит изменение положения худшего агента следующим образом: в каждом мемеплексе происходит попытка улучшить положение худшего агента путем его случайного перемещения в на-

правлении лучшего агента. Если эта операция не приводит к положительному результату, то проверяется возможность улучшить положение худшего агента путем перемещения его в направлении глобального лучшего агента. Если и последняя операция не приводит к уменьшению фитнес-функции вектора, то взамен этого агента случайным образом создается новый агент в данной области поиска.

Результатом работы алгоритма является вектор с наименьшим значением фитнес-функции.

Эксперимент. В качестве входных значений использованы репозитории KEEL (<http://www.keel.es>).

Для эксперимента были взяты различные значения параметров – количество правил, итераций, мемеплексов и векторов в каждом мемеплексе. В табл. 1 и 2 представлены средние значения результатов работы алгоритма на пяти выборках ele-2 (1066 образцов, 4 входные переменные) и dee-5 (365 образцов, 6 входных переменных).

Таблица 1

Применение алгоритма прыгающих лягушек на выборках ele-2

Количество правил	81	81	256	256
Количество локальных итераций	100	200	100	200
Количество глобальных итераций	10	20	10	20
Количество мемеплексов	10	12	10	12
Количество векторов	5	7	5	7
MSE/2 обучающей	36510	36510	26990	26990
Оптимизация алгоритмом	17601	16580	14725	13401
MSE/2 тестовой	36263	36263	26984	26984
Оптимизация алгоритмом	18616	17522	15623	14426

Таблица 2

Применение алгоритма прыгающих лягушек на выборках dee-5

Количество правил	729	729	729	729
Количество локальных итераций	100	100	150	200
Количество глобальных итераций	10	10	10	10
Количество мемеплексов	10	10	10	10
Количество векторов	5	7	7	7
MSE/2 обучающей	0,107	0,107	0,107	0,107
Оптимизация алгоритмом	0,079	0,078	0,076	0,075
MSE/2 тестовой	0,111	0,111	0,111	0,111
Оптимизация алгоритмом	0,093	0,091	0,09	0,094

На выборках ele-2 время выполнения 100 итераций при использовании 70 векторов составляет 160–170 с, на выборках dee-5 с теми же параметрами время выполнения составляет 280–300 с.

Закключение. Алгоритм прыгающих лягушек довольно прост в реализации; независимое проведение локального поиска в каждом ме-меплексе позволяет осуществлять параллельные вычисления, что зна-чительно уменьшает время работы алгоритма.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ходашинский И.А., Дудин П.А.* Идентификация нечетких систем на основе непрерывного алгоритма муравьиной колонии // Автометрия. 2012. Т. 48, № 1. С. 45–71.
2. *Ходашинский И.А., Синьков Д.С.* Применение гибридного квантового алгоритма роящихся частиц для идентификации параметров нечетких аппроксиматоров // Информатика и системы управления. 2013. Т. 36, № 2. С. 56–63.
3. *Narimani M.R.* A New Modified Shuffle Frog Leaping Algorithm for Non-Smooth Economic Dispatch // World Applied Sciences Journal. 2011. P. 803–814.

ОПТИМИЗАЦИЯ НЕЧЕТКИХ СИСТЕМ С ПОМОЩЬЮ АЛГОРИТМА ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ЭВОЛЮЦИИ

М.А. Мех, студент каф. БИС

Научный руководитель И.А. Ходашинский, профессор каф. КИБЭВС, д.т.н.

г. Томск, ТУСУР, maxcimkj93@gmail.com

Проект ГПО КИБЭВС-1211 «Нечёткие системы»

В процессе научных исследований или решения производственных задач нередко возникает необходимость построения математических моделей сложных систем. Вычислительный аппарат, построенный на основе нечетких множеств, предоставляет возможность конструировать высокопроизводительные модели. Целью данной работы является исследование метаэвристического алгоритма оптимизации параметров нечеткой системы, основанного на имитации эволюционных процессов.

Постановка задачи. Построение нечеткой системы осуществляется на основе таблицы наблюдений, участвующей в разбиении области определения каждой входной переменной на нечеткие термы.

Исходя из разбиения переменных на нечеткие множества, формируется база лексических правил нечеткой системы. Нечеткое правило в системе типа сингльтон имеет вид

$$\text{IF } x_1=A_{1j} \text{ AND } x_2=A_{2j} \text{ AND } \dots \text{ AND } x_n=A_{nj} \text{ THEN } y=r_j, \quad (1)$$

где r_j – действительное число, которым оценивается выход y ; $j = m$ – количество правил; A_{ij} – терм j -го правила i -й переменной.

В дальнейшем для последующей оптимизации формируется параметрический вектор системы, содержащий antecedentesную, consequentную часть и значение функции ошибки.

RMSE	$\theta_{1,1}^1$	$\theta_{2,1}^1$	$\theta_{3,1}^1$	$\theta_{1,2}^1$	$\theta_{2,2}^1$	$\theta_{3,2}^1$	...	$\theta_{i,j}^p$	...	r_1	...	r_m
------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	-----	------------------	-----	-------	-----	-------

Рис. 1. Параметрический вектор

На рис. 1 RMSE – среднеквадратичная ошибка, $\theta_{i,j}^p$ – i -параметр j -го термина p -й переменной.

Описание алгоритма. Метаэвристика под названием «дифференциальная эволюция» относится к классу стохастических алгоритмов [3].

В методе дифференциальной эволюции (ДЭ) генерируется некоторое множество векторов параметров системы. Множество векторов называют поколением.

На каждой итерации порождается новое поколение, полученное из предыдущего применением специальной процедуры, объединяющей в себе операции мутации и кроссовера. Число векторов в каждом поколении неизменно и является параметром метода.

Новое поколение генерируется ниже описанным способом. В предыдущем поколении определяется вектор с минимальной ошибкой θ_{best} . Для каждого вектора θ_k выбираются четыре случайных вектора θ_{s1} , θ_{s2} , θ_{s3} , θ_{s4} и генерируется мутантный вектор согласно формуле (2).

$$\theta_{mv} = (\theta_{s1} - \theta_{s2}) + (\theta_{s3} - \theta_{s4}). \quad (2)$$

На основе лучшего и мутантного вектора генерируется новый вектор по формуле

$$\theta_{nb} = \theta_{\text{best}} + F\theta_{mv}, \quad (3)$$

где F – действительное число в интервале $[0, 1]$.

Над полученным вектором θ_{nb} выполняется специальная операция кроссовера, в результате получается вектор θ_{new} . Если для этого вектора ошибка нечеткой системы меньше, чем ошибка для вектора θ_k , то в новом поколении вектор θ_k заменяется вектором θ_{new} , иначе в новое поколение перейдет вектор θ_k .

Условием окончания работы алгоритма является достижение определенного числа итераций либо получение ошибки, меньше заданной.

Эксперимент. Исследование алгоритма проводилось на данных репозитория KEEL. Исследования проводились по схеме кросс-валидации, согласно которой набор данных разбивался на пять файлов для аппроксиматора и 10 для классификатора, 80% набора помещались в обучающую выборку, 20% – в тестовую.

Каждая из частей набора данных использовалась в пяти экспериментах, в завершении которых эффективность алгоритма на данной части оценивалась средним значением полученных результатов. Построение базы правил нечеткой системы осуществлялось как применением равномерной генерации, так и с использованием специализированных алгоритмов отсечения правил.

Тестирование аппроксиматора, построенного на базе нечеткой системы, осуществлялось на выборках *dee*, *ele1*, *ele2*, *lazer* и *diabet* с применением треугольных функций принадлежности.

На выборках *haberman*, *iris*, *balance*, *newthyroid*, *bupa*, *monk-2*, *prima*, *glass*, *wine* производилось тестирование классификатора. Для данных *glass* и *wine* гауссоиды использовались в качестве вида функции принадлежности.

В ходе исследования аппроксиматора и классификатора параметры алгоритма сохранялись неизменными: 1000 итераций, $F = 0,7$, поскольку алгоритм с данными значениями демонстрировал наиболее высокие показатели.

Заключение. В ходе исследований алгоритм дифференциальной эволюции продемонстрировал высокие показатели эффективности настройки нечетких систем на основе данных репозитория KEEL. На тестируемых выборках данных удалось получить результаты, близкие к показателям алгоритмов, реализованных другими исследователями оптимизации нечетких систем. Исходя из результатов, алгоритм обладает возможностью к обучению и прогнозированию.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ходашинский И.А., Дудин П.А.* Идентификация нечетких систем на основе непрерывного алгоритма муравьиной колонии // *Автометрия*. 2012. Т. 48, № 1. С. 45–71.
2. *Ходашинский И.А.* Идентификация нечетких систем: методы и алгоритмы / И.А. Ходашинский // *Проблемы управления*. 2009. № 4. С. 15–23.
3. *Storn R.* Differential Evolution – A Simple and Efficient Heuristic for Global Optimization over Continuous Spaces / R. Storn, K. Price // *Journal of Global Optimization*. 1997. Vol. 11. P. 341–359.

АЛГОРИТМ НЕПРЕРЫВНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КЛЕТОЧНОГО АВТОМАТА С МОДИФИЦИРОВАННЫМ АЛФАВИТОМ ВНУТРЕННИХ СОСТОЯНИЙ

Д.О. Бондаренко, А.В. Ращупкина, студенты

Научный руководитель О.О. Евсютин, доцент, к.т.н.

*г. Томск, ТУСУР, каф. КИБЭВС, dima030793@gmail.com,
angelinara@mail.ru*

Проект ГПО КИБЭВС-1307 «Клеточные автоматы»

В настоящее время математический аппарат теории клеточных автоматов применяется в таких науках, как математика, физика, биология, информатика и т.д., для моделирования и обработки данных [1].

Одной из распространенных задач, находящей широкое применение в науке, технике и во многих других практических областях человеческой деятельности [2], является задача оптимизации, заключающаяся в нахождении экстремума функции, то есть наиболее подходящего варианта из всех возможных, который удовлетворяет начально-заданным условиям, – оптимального решения.

Целью данной работы является разработка нового эффективного алгоритма нахождения оптимумов функций, основанного на использовании клеточного автомата с модифицированным алфавитом внутренних состояний.

Описание предлагаемого алгоритма. Для поиска оптимума функции предлагается модификация классической модели клеточного автомата – клеточный автомат с целевой функцией. Каждая клетка автомата состоит из двух частей: варианта решения клетки и метки. Вариант решения является вектором аргументов целевой функции, количество элементов которого зависит от размерности заданной функции. Метка – это неотрицательное число, которое обозначает степень влияния клеток окрестности на результат каждого шага развития клетки.

Для нахождения оптимума некоторой функции Φ сначала выполняется инициализация популяции: случайным образом заполняем варианты решения клеток из заданного пространства решений, всем клеткам присваиваем метки с максимальным значением. В переменную δ занесем лучшее значение целевой функции и после каждого шага развития клеточного автомата при необходимости будем заменять ее на лучшее найденное решение.

Обновление варианта решения каждой клетки происходит с помощью функции перехода, заданной представленной ниже формулой, до тех пор, пока не выполнится одно из условий: достижение количества шагов T или разница между лучшим найденным решением δ и лучшим решением на текущем шаге не будет превышать заданной границы ε .

$$x_{u,v}^i = \frac{1}{k'} \sum_{j=1}^k d_{u,v} \cdot x_{u+y_j^1, v+y_j^2}^i, \quad k' \leq k, \quad i = \overline{1, m}, \quad (1)$$

где k – количество клеток окрестности; k' – количество клеток окрестности с ненулевыми весовыми коэффициентами; u, v – координаты клетки решетки клеточного автомата.

На каждом пятом шаге выполняется алгоритм дифференциальной эволюции [3], что позволяет увеличить влияние клеток друг на друга.

Разработанный алгоритм имеет низкую скорость сходимости к оптимуму функции из-за приближения к усредненному значению начально-определенных аргументов функции. Далее будут рассмотрены

две модификации данного алгоритма, обладающие лучшей скоростью сходимости.

В первом случае предложено использование нескольких клеточных автоматов, каждый из которых является копией основного клеточного автомата и занимается поиском лучшего решения, обновляя только один аргумент функции. Конфигурация клеточного автомата обновляется по формуле (1). После пяти итераций происходит объединение соответствующих элементов варианта решения каждого клеточного автомата и выполнение основного алгоритма.

Данная модификация эффективнее общего алгоритма, так как при рассмотрении каждого отдельно взятого аргумента функции влияние других аргументов на значение функции одинаково на протяжении пяти шагов, что позволяет однозначно определить влияние выбранного аргумента на значение функции.

Вторая модификация общего алгоритма основана на анализе изменения значения функции при изменении аргументов на определенную величину отклонения Δ .

Данная модификация содержит этап выбора правила обновления клетки, следующий за этапом инициализации клеток автомата. Сначала окрестность клетки разбивается на две группы: в первую группу объединяются клетки, содержащие лучшие по сравнению с центральной клеткой окрестности решения, во вторую – клетки, содержащие худшие решения. Далее, изменив каждый аргумент функции на величину $-\Delta$, для каждой группы клеток найдем процентное соотношение решений, которые оказали положительное влияние на изменение значения функции, к общему количеству клеток в группе. Проведем эту же процедуру для изменения аргумента на величину $+\Delta$. Если в результате варианты решений не менее чем половины клеток улучшились, то будем говорить, что влияние на изменение аргументов функции было положительным, иначе – отрицательным. Обновление происходит либо по формуле (1), либо берется значение аргумента, измененное на величину среднеквадратичного отклонения.

Рассматриваемая модификация основного алгоритма имеет относительно низкую скорость сходимости к оптимуму, но при этом данный подход позволяет клеткам автомата вместо сходимости к усредненному значению, как это случается в базовом алгоритме, исследовать окрестность аргумента, что приближает нахождение лучшего решения.

Заключение. Разработанный алгоритм представляет собой алгоритм оптимизации, основанный на использовании клеточного автомата с модифицированным алфавитом внутренних состояний и дифференциальной эволюции. Предложены две модификации данного алгоритма.

ма: на основе нескольких клеточных автоматов и на основе влияния величины отклонения значений аргументов, которые устраняют недостатки основного алгоритма – сходимость к усредненному значению начально-определенных аргументов функции.

Дальнейшая работа будет направлена на получение новых улучшенных модификаций базового алгоритма: в частности, будет разработан и исследован алгоритм, содержащий объединение двух разработанных модификаций, то есть для нескольких клеточных автоматов будет проводиться анализ изменения значения функции при изменении аргументов на определенную величину отклонения Δ .

Также необходимо изучить различные алгоритмы дифференциальной эволюции, так как воздействие рассмотренного алгоритма, направленное на улучшение влияния клеток друг на друга, вносит незначительный вклад в развитие клеточного автомата. Исследование алгоритмов дифференциальной эволюции будет рассмотрено с точки зрения воздействия на развитие клеточного автомата с целью увеличения влияния на скорость сходимости целевой функции.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Тоффоли Т.* Машины клеточных автоматов / Т. Тоффоли, Н. Марголус. М.: Мир, 1991. 280 с.
2. *Лозбень М.Е.* Параллельные алгоритмы интервальной глобальной оптимизации / М.Е. Лозбень, Н.В. Панов. Новосибирск: Институт вычислительных технологий СО РАН, 2011. 8 с.
3. *Vafashoar R.* CLA-DE: a hybrid model based on cellular learning automata for numerical optimization / R. Vafashoar, M.R. Meybodi, A.H. Momeni Azandaryani // Springer Science + Business Media, 2011.

ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМА «ВЕЛИКИЙ ПОТОП» ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ НЕЧЕТКОЙ СИСТЕМЫ

О.К. Сонич, студентка каф. БИС

*Научный руководитель И.А. Ходашинский, профессор каф. КИБЭВС
г. Томск, ТУСУР, zlasjasok@gmail.com*

Проект ГПО КИБЭВС-1211 «Нечёткие системы»

При исследовании сложных систем и процессов специалисты сталкиваются с проблемой невозможности или же трудоемкости их реализации с помощью аналитических моделей, данная проблема решается использованием нечетких моделей [1]. В данной работе проводится классификация данных с помощью нечетких систем, а параметры нечеткой модели настраиваются с помощью алгоритма «Великий потоп».

Описание нечеткой системы. Основная идея нечеткого классификатора состоит в описании предполагаемого кластера нечетким прототипом, размерность которого определена размерностью пространства исследуемых данных. Таким образом, i -й кластер определяется нечетким правилом следующего вида:

R_{ij} : ЕСЛИ $x_1 = A_{1i}$ И $x_2 = A_{2i}$ И $x_3 = A_{3i}$ И ... И $x_n = A_{ni}$ ТО $\text{class} = c_j$,
где $\mathbf{x} = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$ – вектор признаков классифицируемого объекта; A_{ki} – нечеткий терм, характеризующий k -й признак в i -м правиле ($i \in [1, R]$), R – число правил; c_j – идентификатор j -го класса, $j \in [1, m]$.

В процессе нечеткой классификации объект относится к каждому классу с определенной степенью принадлежности, вычисленной следующим образом:

$$\beta_j(x) = \sum_{R_{ij}} \prod_{k=1}^n A_{ki}(x_k), \quad j=1, \dots, m.$$

Выходом классификатора является метка класса, определяемая следующим образом:

$$\text{class} = c_{j^*}, j^* = \arg \max_{1 \leq j \leq m} \beta_j,$$

Нечеткий классификатор может быть представлен функцией

$$c = f(\mathbf{x}, \boldsymbol{\theta}),$$

где $\boldsymbol{\theta}$ – вектор, описывающий базу правил.

На множестве обучающих данных (таблице наблюдений) $\{(\mathbf{x}_p; c_p), p = 1, \dots, z\}$ определим единичную функцию

$$\text{delta}(p, \boldsymbol{\theta}) = \begin{cases} 1, & \text{if } c_p = f(\mathbf{x}_p, \boldsymbol{\theta}) \\ 0, & \text{иначе.} \end{cases} \quad p=1,2,\dots,z.$$

Тогда численный критерий качества классификации выражается следующим образом:

$$E(\boldsymbol{\theta}) = \frac{\sum_{p=1}^z \text{delta}(p, \boldsymbol{\theta})}{z}.$$

Проблема идентификации нечеткого классификатора сводится к проблеме поиска максимума указанной функции в многомерном пространстве, координаты которого соответствуют параметрам нечеткого классификатора [1].

Алгоритм «Великий потоп». Введем основные обозначения, используемые в алгоритме: x_i^o – текущее решение; x_i^c – новое решение; h^o – текущее значение целевой функции; h^c – новое значение целевой функции; UP – параметр увеличивает критерий приемлемости; u – случайное число, принадлежащие интервалу $[0, 1]$; p – заранее оговорен-

ное нечетное целое; *LEVEL* – уровень воды, параметр, используемый в решении, или критерий приемлемости.

Первым шагом случайно генерируем точку x_i^o в пределах диапазона данных, далее вычисляем значение целевой функции h^o с учетом сгенерированной точки и принимаем это значение как начальное значение переменной *LEVEL*. Далее осуществляем поиск точки-кандидата (точки, в которую мы можем переместиться) по следующей формуле:

$$x_i^c = x_i^o + (10 \times u - 5)p; i = 1, 2, \dots, n.$$

Вычисляем значение целевой функции с учетом точки-кандидата h^c и сравниваем её значение с текущим h^o : если значение h^o больше значения h^c , то присваиваем значение $h^o = h^c$ и изменяем уровень воды по следующей формуле:

$$LEVEL = LEVEL - UP \times (LEVEL - h^c).$$

Если же значение текущей функции меньше значения целевой функции в найденной точке-кандидате, то ищем новую точку-кандидата. К сожалению, алгоритм может и не найти подходящие число за допустимое количество итераций, тогда сообщаем текущее значение x_i^o как оптимальное. Условием выхода из алгоритма являются достижение наперед заданного количества итераций, или же выполнение следующего условия: $((x_i^o - x_i^c)/x_i^c) < 0,000001$. После выполнения какого-либо из условий мы сообщаем текущее решение как оптимальное [3].

Эксперимент. В результате проведённых исследований было установлено, что алгоритм «Великий потоп» показал лучшие результаты по сравнению с аналогами на наборах данных репозитория KEEL (<http://www.keel.es>). Для классификаторов на обучающих выборках данных *balance*, *iris*, на тестовых наборах данных *balance*, *iris*, *prima*, *bupa*, *haberman*, *wine* [3, 4].

Закключение. На основе экспериментальных данных можно сделать вывод, что классификаторы, оптимизированные алгоритмом «Великий потоп», имеют хорошие как прогностические способности, так и способности к обучению. Таким образом, алгоритм может применяться при решении задач оптимизации параметров нечётких систем.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ходашинский И.А., Дудин П.А.* Идентификация нечетких систем на основе непрерывного алгоритма муравьиной колонии // Автометрия. 2012. Т. 48, № 1. С. 45–71.
2. *Ravi V.* Modified Great Deluge Algorithm versus Other Metaheuristics in Reliability Optimization // Computational Intelligence in Reliability Engineering. 2007. Vol. 40. P. C. 21–36
3. *Abuhamdah A.* Modified Great Deluge for Medical Clustering Problems // International Journal of Emerging Sciences. 2012. Vol. 2 (3). P. 345–360.

4. *Alcala-Fdez J., Fernandez A., Luengo J. et al. KEEL Data-mining software Tool: data, set repository, integration of algorithms and experimental analysis framework // Journal of Multiple-Valued Logic and Soft Computing. 2011. Vol. 17. P. 255–287.*

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ НЕЧЕТКИХ АППРОКСИМАТОРОВ И КЛАССИФИКАТОРОВ С ПОМОЩЬЮ АЛГОРИТМА «МИННЫЙ ВЗРЫВ»

С.Р. Субханкулова, студентка каф. КИБЭВС

Научный руководитель И.А. Ходаишинский, профессор каф. КИБЭВС, д.т.н.

г. Томск, ТУСУР, sophi1059@gmail.com

Проект ГПО КИБЭВС-1211 «Нечёткие системы»

В последнее время нечеткое моделирование является одной из наиболее активных и перспективных направлений прикладных исследований в области управления и принятия решений, когда в описании технических систем и бизнес-процессов присутствует неопределенность, которая затрудняет или даже исключает применение точных количественных методов и подходов [1].

Цель данной работы состоит в том, чтобы улучшить результаты работы системы нечёткого моделирования за счёт оптимизации её параметров посредством метаэвристики – алгоритма минного взрыва.

Нечеткая система. Нечёткая система может быть описана следующим выражением:

$$y = f(\mathbf{x}, \boldsymbol{\theta}, \mathbf{r}),$$

где $\mathbf{x}$ – входной вектор; $\boldsymbol{\theta} = \|\theta_1, \dots, \theta_N\|$ – вектор параметров antecedentes; N – количество antecedentes; y – скалярный выход системы; $\mathbf{r} = \|\mathbf{r}_1, \dots, \mathbf{r}_R\|$ – вектор параметров consequents.

В нечеткой системе типа синглтон i -е правило имеет следующий вид:

$$\text{IF } x_1=A_{1i} \text{ AND } x_2=A_{2i} \text{ AND } \dots \text{ AND } x_n=A_{ni} \text{ THEN } y = r_i,$$

где A_{ij} – лингвистический терм, которым оценивается переменная x_i ; r_i – значение consequента i -го правила [2].

Нечёткую систему можно кодировать в виде вектора, который и будет обрабатываться нашими алгоритмом (рис. 1). В данном случае приведены треугольные функции принадлежности.



Рис. 1. Вектор параметров нечеткой системы

Алгоритм оптимизации «Минный взрыв». Идея алгоритма основана на наблюдении взрыва мины, при котором разлетающиеся осколки сталкиваются с другими минами, что вызывает цепочку взрывов. Каждый осколок характеризуется направлением и расстоянием до столкновения с другой миной. Очистить поле от мин можно, взорвав их все. Для этого необходимо найти самую взрывоопасную мину, располагающуюся в оптимальной точке.

На вход алгоритма подаётся вектор (рис. 1), причём данным алгоритмом обрабатывается лишь antecedentная часть, а на выходе получаем осколок (вектор, подобный представленному на рис. 1) с наименьшим значением целевой функции (MSE).

Работа алгоритма

1. Инициализируется начальная точка взрыва $\mathbf{X}_0$, координаты которой определяют начальные значения antecedентов (см. рис. 1).

Определяется число осколков для каждой мины N_s . Также на начальном этапе задаётся фактор исследования μ , уменьшающий коэффициент α и максимальное количество итераций $\maxiter$.

2. Производится вычисление расстояния, которое пролетит осколок, и местоположение взорвавшейся мины по формулам

$$\mathbf{d}_0 = \mathbf{UB} - \mathbf{LB},$$

где $\mathbf{LB}$ – вектор, содержащий минимальные значения переменных, соответствующих antecedентам в векторе $\mathbf{X}_0$; $\mathbf{UB}$ – вектор, содержащий максимальные значения переменных, соответствующих antecedентам в векторе $\mathbf{X}_0$;

$$\mathbf{d}_{n+1} = \mathbf{d}_n \times \text{randn}, \quad n = 1, 2, \dots, N_s,$$

$$\mathbf{X}_{e(n+1)} = \mathbf{d}_{n+1} \times \cos(\theta), \quad n = 0, 1, 2, \dots, N_s,$$

где randn – нормально распределённое число, $\cos(\theta) = \frac{360}{N_s}$.

3. Создаётся осколок, т.е. формируется новый вектор (см. рис. 1):

$$\mathbf{X}_{n+1} = \mathbf{X}_{e(n+1)} + \mathbf{X}_0, \quad n = 0, 1, 2, \dots, N_s.$$

4. Проверка ограничений для генерации осколков (в данной работе использовались треугольные функции, поэтому ограничения определяются правилами построения треугольных функций принадлежности). Если ограничения не выполняются, то перейти на шаг 2 [2].

Эксперимент. Для оценки эффективности работы нечёткой системы, настроенной вышеприведенным алгоритмом, были проведены тесты на наборах данных из репозитория KEEL (<http://www.keel.es>): diabetes, ele1, ele2, laser, dee (для нечёткого аппроксиматора), haberman, iris, balance, newthyroid, bupa, monk-2, pima, glass, wine (для нечёткого классификатора). Исследования проводились по схеме кросс-

валидации, т.е. набор разбивался на пять файлов для аппроксиматора и 10 для классификатора, 80% набора помещалось в обучающую выборку, а остальные 20% – в тестовую. Для каждой выборки проводилось по 5 тестов.

Для наборов данных glass и wine использовались гауссоиды, а для всех остальных наборов использовались треугольные функции принадлежности.

В качестве параметров алгоритма «Минный взрыв» было выбрано количество осколков, равное 15, а количество итераций задавалось от 300 для аппроксиматора и 100 для классификатора. Для выборок ele1 и diabetes на каждой 10-й итерации производилась настройка консеквентов методом наименьших квадратов.

Заключение. В результате проведенных исследований было установлено, что алгоритм «Минный взрыв» показал лучшие результаты по сравнению с аналогами как на обучающей, так и на тестовой выборках на наборах данных ele1, ele2, laser, balance, а на dee, newthyroid, pima – лучшие значения на тестовой выборке; на наборе данных iris – лучшие результаты на обучающей выборке. В связи с этим можно сделать вывод, что аппроксиматоры и классификаторы, оптимизированные вышеупомянутым алгоритмом, имеют хорошие как прогностические способности, так и способности к обучению.

ЛИТЕРАТУРА

1. Леоненков А. Нечёткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. СПб.: БХВ-Петербург, 2005. 736 с.
2. Ходашинский И.А. Идентификация нечетких систем: методы и алгоритмы // Проблемы управления. 2009. № 4. С. 15–23.
3. Sadollah A., Bahreininejad A., Eskandar H., Hamdi M. Mine blast algorithm: A new population based algorithm for solving constrained engineering optimization problems // Applied Soft Computing. 2013. Vol. 13, Issue 5. P. 2592–2612.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ АНАЛИЗА СОСТОЯНИЯ ВОДИТЕЛЯ НА ОСНОВЕ ОБРАБОТКИ ВИДЕО

Д.Н. Тимофеев, А.В. Романов, студенты каф. АСУ

Научный руководитель М.Ю. Катаев, профессор каф. АСУ, д.т.н.

г. Томск, ТУСУР

Проект ГПО АСУ-1104 «Обработка и анализ сцен на изображениях»

На сегодняшний день в сфере производства программного обеспечения для фото- и видеоаппаратуры существует проблема обнаружения лица человека на получаемом изображении. Решение этой проблемы предоставляет множество возможностей, таких как улучшение качест-

ва фотоснимков в области лица, идентификация личности человека в режиме реального времени и др.

Создание качественного программного обеспечения для фото- и видеотехники делает устройства, на которых оно установлено, более конкурентоспособными и повышает на них спрос среди профессионалов и любителей.

Задача определения положения лица является одной из сложнейших задач машинного зрения. На данный момент не существует одного алгоритма, который подходил бы для всех случаев поиска лица на изображении. Вследствие этого было принято решение создать собственный программный продукт, позволяющий выделить лицо из видеопотока или набора кадров.

Структура программного продукта. В рамках проекта нами разрабатывается программное приложение, позволяющее считывать и обрабатывать видеофайл или набор последовательных кадров в одном из форматов изображения. Если на вход подается видеофайл, то перед началом выделения объекта он разбивается на последовательность кадров. Далее к кадрам применяется заданный алгоритм нахождения



Рис. 1. Схема преобразования данных

лица, в зависимости от режима работы программы (цветные или инфракрасные снимки). После обнаружения лица производится анализ его состояния и выдаётся сигнал, если состояние отклоняется от заданного «нормального». Эта схема преобразования данных представлена на рис. 1.

Достигнутые результаты. К настоящему моменту нами был изучен ряд методов. Способность этих методов функционировать и выдавать корректный результат зависит от различных параметров входных данных. После проведения тщательного анализа были отобраны наиболее эффективные и корректные методы, часть из которых была рассмотрена выше. Выбранные методы были реализованы с помощью библиотеки компьютерного зрения с открытым исходным кодом OpenCV. Для удобного восприятия получаемых результатов наше приложение, главное окно которого представлено на рис. 2, демонстрирует конечному пользователю как исходные данные, так и получаемый результат.

План дальнейшего развития проекта. В план дальнейшего развития входят следующие задачи:

1. Ускорить обработку кадров.
2. Обработать случаи, в которых алгоритмы могут вести себя некорректно.

3. Собрать реализованные алгоритмы в полноценный программный продукт.



Рис. 2. Главное окно приложения

МЕТОД ОПТИМИЗАЦИИ «ЛАСТОЧКИН ПОИСК»

Е.Н. Тиунова, аспирант каф. КИБЭВС

*Научный руководитель И.А. Ходашинский, профессор каф. КИБЭВС, д.т.н.
г. Томск, ТУСУР, rouxrenard@list.ru*

Метаэвристические алгоритмы являются мощным и чрезвычайно популярным классом оптимизационных методов, позволяющих находить решения для широкого круга задач из различных приложений. Упрощенно можно рассматривать метаэвристики как алгоритмы, реализующие прямой случайный поиск возможных решений задачи, оптимальных или близких к оптимальным, пока не будет выполнено некое условие или достигнуто заданное число итераций [1]. В данной работе рассматривается модификация нового метаэвристического алгоритма – алгоритма «Ласточкин поиск».

Описание алгоритма. Алгоритм оптимизации «Ласточкин поиск» был впервые предложен иранскими исследователями в 2013 г. в работе [2]. Суть подхода заключается в анализе и использовании модели поведения ласточек, ищущих пути к источнику питания. В оригинальном методе предлагается разделить ласточек по целям на три группы: ласточки-лидеры, ласточки-исследователи и ласточки-одиночки. На пер-

вом этапе алгоритма задается размер стаи и каждой из ласточек присваивается случайная позиция. После оценки позиций ласточек из них выбираются лидеры и исследователи (оставшиеся ласточки считаются бесцельными). В главном цикле алгоритма ласточки-лидеры не меняют своих позиций, а ласточки-исследователи двигаются по направлению к лидерам. Ласточки-одиночки выбирают свою следующую позицию случайным образом. В случае если позиция исследователя или ласточки-одиночки оказываются лучше позиции лидера, они меняются ролями: исследователь (или одиночка) становится лидером, а лидер становится исследователем (или одиночкой). Основным недостатком оригинального алгоритма является способ выбора ролей ласточек. На этапе инициализации лидерами выбираются ласточки с наилучшими позициями из всех. При таком подходе возможна ситуация, в которой все ласточки (кроме одиночек) будут стремиться к области, в которой нет оптимума. В этом случае сходимость данного алгоритма будет сильно зависеть от размера стаи и от количества ласточек-одиночек.

В данной работе предлагается модифицированный алгоритм. Его главным отличием от оригинального является наличие дополнительного этапа – этапа кластеризации, который идет после этапа инициализации. Ласточка с наилучшей позицией считается глобальным лидером. Остальные ласточки делятся на группы (кластеры), и лучшая ласточка в кластере считается локальным лидером, а худшая – исключается из кластера и считается ласточкой-одиночкой. Кроме того, в модифицированном алгоритме предлагается иной способ расчета следующей позиции ласточки-исследователя. Подробное описание алгоритма представлено ниже.

Этап 1. Инициализация исходной популяции.

Задается размер стаи N и количество итераций M . Задается количество лидеров L и бесцельных ласточек. Ласточка с наилучшей позицией выбирается глобальным лидером (HL).

Этап 2. Кластеризуем всех ласточек, кроме HL . Ласточка с наилучшей позицией в кластере (лучшим значением оптимизируемой функции) – локальный лидер LL_i . Ласточка с наихудшей позицией исключается из кластера и считается ласточкой-одиночкой. Остальные ласточки из кластеров считаются ласточками-исследователями.

Этап 3. Для каждой ласточки повторяется следующее.

Если ласточка лидер, ее позиция на данном шаге не меняется.

Если ласточка исследователь, то ее следующая позиция (e_{i+1}) рассчитывается по следующим формулам (формулы указаны для минимизируемой функции; при поиске максимума функции знаки неравенств меняются на противоположные):

$$V_{HL_{i+1}} = V_{HL_i} + \alpha_{HL} \text{rand} \cdot (e_{best} - e_i) + \beta_{HL} \text{rand} \cdot (HL_{best} - e_i).$$

$$\alpha_{HL} = \begin{cases} 0,5, & \text{если } e_i = 0 \text{ или } e_{best} = 0; \\ 0, & \text{если } e_i < e_{best} \text{ и } e_i < HL_i; \\ 0,3, & \text{если } e_i < e_{best} \text{ и } e_i > HL_i; \\ \frac{e_i - e_{best}}{2 \cdot e_i - e_{best} - HL_i}, & \text{если } e_i > e_{best}. \end{cases}$$

$$\beta_{HL} = \begin{cases} 0,5, & \text{если } e_i = 0 \text{ или } e_{best} = 0; \\ 0, & \text{если } e_i < e_{best} \text{ и } e_i < HL_i; \\ 0,7, & \text{если } e_i < e_{best} \text{ и } e_i > HL_i; \\ \frac{e_i - HL_i}{2 \cdot e_i - e_{best} - HL_i}, & \text{если } e_i > e_{best}. \end{cases}$$

$$V_{LL_{i+1}} = V_{LL_i} + \alpha_{LL} \text{rand} \cdot (e_{best} - e_i) + \beta_{LL} \text{rand} \cdot (LL_i - e_i).$$

$$\alpha_{LL} = \begin{cases} 0,5, & \text{если } e_i = 0 \text{ или } e_{best} = 0; \\ 0, & \text{если } e_i < e_{best} \text{ и } e_i < LL_i; \\ 0,3, & \text{если } e_i < e_{best} \text{ и } e_i > LL_i; \\ \frac{e_i - e_{best}}{2 \cdot e_i - e_{best} - LL_i}, & \text{если } e_i > e_{best}. \end{cases}$$

$$\beta_{LL} = \begin{cases} 0,5, & \text{если } e_i = 0 \text{ или } e_{best} = 0; \\ 0, & \text{если } e_i < e_{best} \text{ и } e_i < LL_i; \\ 0,7, & \text{если } e_i < e_{best} \text{ и } e_i > LL_i; \\ \frac{e_i - LL_i}{2 \cdot e_i - e_{best} - LL_i}, & \text{если } e_i > e_{best}. \end{cases}$$

$$V_{i+1} = V_{HL_{i+1}} + V_{LL_{i+1}}.$$

$$e_{i+1} = e_i + V_{i+1}.$$

Если ласточка одиночка, то ее следующая позиция (o_{i+1}) рассчитывается по следующей формуле:

$$o_{i+1} = o_i + \left[\text{rand}(\{-1; 1\}) \cdot \frac{\text{rand}(\min_s, \max_s)}{1 + \text{rand}} \right].$$

Если ласточка не лидер, то сравниваем ее позицию с позицией ближайшего лидера и, если позиция лидера оказывается хуже, меняем их роли.

Повторяем этот этап M раз.

Этап 4. Возвращаем позицию глобального лидера.

Постановка эксперимента. Для тестирования метода оптимизации «ласточкин поиск» использовались классические двухмерные функции. Размер стаи – 50 ласточек. Количество кластеров – 7 (соответственно количество ласточек-одиночек тоже 7). Количество итераций – 100. В качестве метода кластеризации использовался метод k средних. Результаты экспериментов приведены в таблице.

Функции и результаты их оптимизации

Функция и ее минимум	Найденный минимум
Функция Экли: $f(x, y) = -20 \cdot e^{-0.2 \cdot \sqrt{0.5(x^2 + y^2)}} - e^{0.5(\cos(2\pi x) + \cos(2\pi y))} + e + 20;$ $f(0, 0) = 0$	$x = 0,0002;$ $y = 0,0002;$ $f(x, y) = 0,67 \cdot 10^{-7}$
Сфера: $f(x, y) = x^2 + y^2;$ $f(0, 0) = 0$	$x = 0,0003;$ $y = -0,1520 \cdot 10^{-5};$ $f(x, y) = 0,0007$
Функция Розенброка: $f(x, y) = (1 - x)^2 + 100 \cdot (y - x^2)^2;$ $f(1, 1) = 0$	$x = 1,0051;$ $y = 1,0098;$ $f(x, y) = 0,62 \cdot 10^{-4}$
$f(x, y) = (1,5 - x + xy)^2 + (2,25 - x + xy^2)^2 + (2,625 - x + xy^3)^2$ $f(3, 0,5) = 0$	$x = 3,0005;$ $y = 0,5002;$ $f(x, y) = 0,33 \cdot 10^{-6}$
$f(x, y) = (1 + (x + y + 1)^2(19 - 14x + 3x^2 - 14y + 6xy + 3y^2)) \cdot (3 + (2x - 3y)^2(18 - 32x + 12x^2 + 48y - 36xy + 27y^2));$ $f(0, -1) = 3$	$x = 0,0004;$ $y = -0,9999;$ $f(x, y) = 3,00004$
Функция Бута: $f(x, y) = (x + 2y - 7)^2 + (2x + y - 5)^2;$ $f(1, 3) = 0$	$x = 1,0009;$ $y = 2,9987;$ $f(x, y) = 0,29 \cdot 10^{-5}$
Функция Букина: $f(x, y) = 100\sqrt{ y - 0,01x^2 } + 0,01 x + 10 ;$ $f(-10, 1) = 0$	$x = -9,3704;$ $y = 0,8780;$ $f(x, y) = 0,054$
$f(x, y) = 0,26(x^2 + y^2) - 0,48xy;$ $f(0, 0) = 0$	$x = -0,0013;$ $y = -0,24 \cdot 10^{-4};$ $f(x, y) = 0,4 \cdot 10^{-6}$
$f(x, y) = \sin^2(3\pi x) + (x - 1)^2(1 + \sin^2(3\pi y)) + (y - 1)^2(1 + \sin^2(2\pi y));$ $f(1, 1) = 0$	$x = 1,0010;$ $y = 1,0093;$ $f(x, y) = 0,0002$
$f(x, y) = 2x^2 - 1,05x^4 + \frac{x^6}{6} + xy + y^2;$ $f(0, 0) = 0$	$x = -0,0006;$ $y = -0,0015;$ $f(x, y) = 0,38 \cdot 10^{-5}$
Функция Растригина: $f(x, y) = 2x^2 - 1,05x^4 + \frac{x^6}{6} + xy + y^2;$ $f(0, 0) = 0$	$x = 0,0006;$ $y = 0,3937 \cdot 10^{-6};$ $f(x, y) = 0,7334 \cdot 10^{-4}$

Закключение. Результаты экспериментов показывают, что модифицированный метод «Ласточкин поиск» может быть использован для решения различных задач оптимизации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Щербина О.А. Метаэвристические алгоритмы для задач комбинаторной оптимизации // Таврический вестник информатики и математики. 2009. № 4. С. 15–72.
2. Neshat M., Sepidnam G., Sargolzaei M. Swallow swarm optimization algorithm: a new method to optimization // Neural Computing and Applications. 2013. Vol. 23, Issue 2. P. 429–454.

ФОРМАЛИЗАЦИЯ НЕКОТОРЫХ ЭМПИРИЧЕСКИХ МЕТОДОВ РЕШЕНИЯ ЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Д.В. Захаров

*Научный руководитель В.И. Курганский, доцент, к.ф.-м.н.,
г. Иркутск, Иркутский государственный университет,
Институт математики, экономики и информатики,
zakharov-danyl@mail.ru*

Целью данной работы является формализовать некоторые эмпирические методы решения логических задач.

Были рассмотрены следующие эмпирические методы решения логических задач: «Метод рассуждений», «Метод таблиц», «Метод графов». Для достижения цели работы было необходимо формализовать данные методы с помощью систем логических уравнений и неравенств.

Рассмотрим поочередно каждый из данных методов.

1. Системы логических уравнений и неравенств. Логическим уравнением будем называть выражение вида: $F_1 EQV F_2$, где F_1 и F_2 – формулы, а EQV – логическая связка эквивалентности. Логическим неравенством будем называть выражение вида $F_1 IMP F_2$, где F_1 и F_2 – формулы, а IMP – логическая связка импликации. Система логических уравнений и неравенств – это формула вида F_1 или $F_1 AND \dots AND F_n$, где каждая из формул $F_1, \dots, F_n$ – логическое уравнение или неравенство [1 (krslun.appspot.com)].

Под переменными, входящими в состав систем логических уравнений и неравенств, будем понимать поля таблиц.

2. Метод рассуждений. Рассмотрим задачу: Вадим, Сергей и Михаил изучают различные иностранные языки: китайский, японский и арабский. На вопрос, какой язык изучает каждый из них, один ответил: «Вадим изучает китайский», «Сергей не изучает китайский», «Михаил не изучает арабский». Впоследствии выяснилось, что в этом ответе только одно утверждение верно, а два других ложны.

Какой язык изучает каждый из молодых людей?

Из условия задачи понятно, что один из молодых людей говорил правду, а остальные лгали. Необходимо последовательно перебрать три случая, в каждом из которых предполагая, что высказывания одного из людей верны, а двух других нет.

Формализуем запись условия задачи в виде системы логических уравнений. Создадим три таблицы: ВАДИМ, МИХАИЛ, СЕРГЕЙ. Каждая из таблиц будет иметь поле «ЯЗ», которое и является переменной системы. Понятно, что переменная может принимать одно из трех значений: «К», «А», «Я». Запишем систему логических уравнений на основе исходных данных задачи.

[[[ВАДИМ.ЯЗ=К] AND [СЕРГЕЙ.ЯЗ=К] AND [МИХАИЛ.ЯЗ=А]] OR [[ВАДИМ.ЯЗ<>К] AND [СЕРГЕЙ.ЯЗ=К] AND [МИХАИЛ.ЯЗ<>А]] OR [[ВАДИМ.ЯЗ<>К] AND [СЕРГЕЙ.ЯЗ<>К] AND [МИХАИЛ.ЯЗ=А]]] AND [[[[ВАДИМ.ЯЗ<>СЕРГЕЙ.ЯЗ] AND [ВАДИМ.ЯЗ <> МИХАИЛ.ЯЗ] AND [СЕРГЕЙ.ЯЗ <> МИХАИЛ.ЯЗ]]] EQV TRUE.

Отметим, что при записи системы мы дополнили ее неявным условием о том, что люди изучают разные языки. После выполнения SQL-запроса, построенного на основе данной системы, будет таблица, содержащая ответ на вопрос задачи.

Ответ на вопрос задачи			
	ВАДИМ	СЕРГЕЙ	МИХАИЛ
ЯЗ	А	К	Я

3. Метод таблиц. Метод таблиц представляет собой усовершенствованный метод рассуждений. Результаты рассуждений последовательно фиксируются в таблицу, что позволяет получить наглядное представление решения.

Формализация данного метода с помощью систем логических уравнений производится аналогично формализации метода рассуждений. Однако формализованный метод не требует промежуточной фиксации результатов в таблицу. После выполнения SQL-запроса мы сразу получим ответ на вопрос задачи в наглядном виде в табличной форме.

4. Метод графов. Данный метод заключается в представлении исходных данных задачи в виде графа и его последующем анализе.

Рассмотрим задачу, взятую из части В ЕГЭ по ИКТ [2]. На рис. 1 изображена схема дорог между городами А...М. По каждой дороге можно двигаться только в направлении, указанном стрелкой. Необходимо определить, сколько различных путей существует из города А в город М.

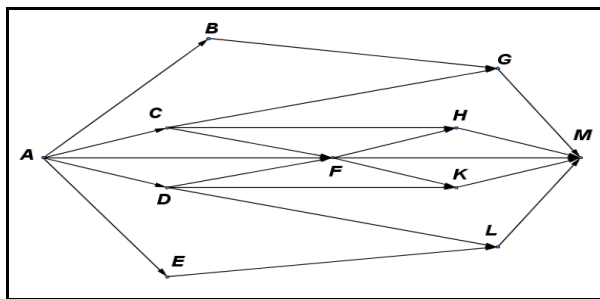


Рис. 1

Данный метод формализуется с помощью индуктивных систем логических уравнений и неравенств (ИСЛУН). ИСЛУН состоит из трех частей: базисной системы, системы индуктивного перехода и результирующей системы.

Ответ на вопрос задачи получен решением ИСЛУН. В виде рекурсивного SQL-запроса эта ИСЛУН выглядит так:

```
(SELECT * FROM EXAMPLE WHERE START='A');
UNION
(SELECT REEXAMPLE.ST, EXAMPLE.FINISH
FROM REEXAMPLE, EXAMPLE
WHERE REEXAMPLE.FIN=EXAMPLE.START)
(SELECT ST, FIN, COUNT(ST) FROM REEXAMPLE
WHERE FIN='M'; )
```

Таблица EXAMPLE содержит данные обо всех парах смежных городов, а таблица REEXAMPLE – это таблица, в которой аккумулируется решение системы индуктивного перехода. После выполнения запроса будет получен ответ на вопрос задачи.

Выводы. Формализация данных эмпирических методов с помощью систем логических уравнений и неравенств обеспечивает более точное и строгое решение задач, а также обеспечивает контроль решения в случае более чем одного ответа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Курганский В.И. Реляционная интерактивная логика: от логических уравнений и неравенств к ответам на мудреные вопросы. LAP LAMBERT Academic publishing, 2014. 132 с.
2. Яндекс ЕГЭ и ГИА [Электронный ресурс]. URL: <https://ege.yandex.ru/> (дата обращения: 03.03.2015).

СЕКЦИЯ 17

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Председатель секции – Давыдова Елена Михайловна,

декан ФБ, зам. зав. каф. КИБЭВС по УР, к.т.н.;

*зам. председателя – Зыков Дмитрий Дмитриевич, доцент
каф. КИБЭВС, зам. директора НОЦ «Нанотехнологии», к.т.н.*

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР МЕТОДОВ ВЫДЕЛЕНИЯ ДВИЖУЩЕГОСЯ ЧЕЛОВЕКА НА ПОТОКЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ

М.О. Абрамов, аспирант, А.О. Нестеров, студент

*Научный руководитель М.Ю. Катаев, профессор каф. АСУ, д.т.н.
г. Томск, ТУСУР, каф. АСУ, maxim_ato@mail.ru*

Постановка задачи. Компьютерное зрение является динамично развивающимся направлением современной науки, востребованным в различных областях, таких как интеллектуальные человеко-машинные интерфейсы, медицинский анализ двигательной активности человека, системы автоматического контроля на производстве, спорт и др. [1]. Одним из наиболее важных аспектов компьютерного зрения является отслеживание положения подвижных объектов в реальном времени на основе информации, полученной от видеокамеры. Располагая рядом последовательных по времени цифровых изображений, можно распознавать на них различные объекты, изменяющие свое положение, тем самым получая разнообразную информацию, описывающую движение объекта.

Немаловажной задачей распознавания также является изучение и оптимизация процессов обработки для анализа кадров в реальном времени. В большинстве методов качество распознавания является обратной величиной быстродействию алгоритма, поэтому проблема выбора наилучшего соотношения качества о времени заслуживает отдельного внимания. Данная тематика особенно актуальна в следующих областях: системы безопасности, робототехника, системы контроля качества продукции, системы взаимодействия человек–компьютер и др.

На сегодняшний день существует множество литературы по исследованию методов выделения движущихся объектов на потоке изображений, однако такого рода исследования отображают, как правило, подробную информацию о каком-то конкретном алгоритме, а не в виде сравнительного анализа ряда методов применительно к конкретной задаче.

Нами разрабатывается программно-алгоритмическая система анализа походки человека по видеопотоку [2–3]. Для этого необходимо выделить фигуру человека на изображении. Поэтому выбор метода распознавания (человек – фон) играет важную роль. Постановка задачи: подобрать алгоритм, отвечающий следующим критериям, по уменьшению значимости:

1. Качественное распознавание – подразумевает наиболее четко выделенный силуэт человека с минимальным числом разрывов и искажений.
2. Устойчивость к помехам, возникающим на изображении.
3. Отделение тени, от конечного изображения.
4. Малое время обработки кадра.

В данной статье приводятся результаты проведенного нами, аналитического обзора методов с целью подобрать наиболее подходящий алгоритм для поставленной задачи.

Результаты работы. Рассматриваемые алгоритмы можно классифицировать на два типа по принципу их работы: межкадровая разность и разность на основе базового кадра; и на два типа по их устойчивости к помехам фона: адаптируемые и неадаптируемые.

Алгоритмы, основанные на межкадровой разности, попарно сравнивают последовательно идущие кадры, выделяя произошедшие изменения в случае, если они превышают некий заданный порог бинаризации. Алгоритмы на основе базового кадра берут для сравнения определенный кадр фона, на котором как правило, нет исследуемого объекта, и сравнивают его с другими по аналогии с алгоритмами межкадровой разности.

Адаптируемые методы более устойчивы к помехам, возникающим на фоне, чем неадаптируемые. Они преобразуют на каждой итерации базовый кадр в зависимости от различных факторов фона, тем самым постепенно подстраивая его под изменяющиеся условия.

Для исследования работы методов использовалась бесплатно распространяемая библиотека BGS Library. На вход алгоритмов подавался видеофайл, содержащий сцену движения человека перпендикулярно направлению камеры. На выходе полученные кадры конвертировались к бинарному виду с белыми пикселями, в которых было определено движение, и черными – его отсутствие.

На рис. 1 изображены результаты работы выбранного нами метода. Как видно, фигура человека немного фрагментирована, однако границы довольно четкие и на изображении почти не присутствует шум.

Заключение. Таким образом, было проанализировано и составлено описание 31 метода выделения движущихся объектов на изображениях. По итогам анализа был выбран метод продвинутой адаптивной

смешанной Гауссовской модели [4], показавший наилучшее качество распознавания для поставленной задачи. Более подробно со всеми методами можно ознакомиться на странице описания библиотеки BGS Library [5]. Стоит также отметить алгоритмы адаптивного медианного метода и метода временных медиан, показавших наиболее близкие результаты по качеству и более быстрого времени выполнения.



Рис. 1. Результаты обработки продвинутым адаптивным смешанным Гауссовским методом ряда изображений

Проведя ряд анализов на различных входных данных для данного метода, было установлено, что он адекватно реагирует на незначительные изменения фона – помехи, а также без проблем определяет тень.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Форсайт А.* Компьютерное зрение. Современный подход / А. Форсайт, Дж. Понс. М.: Вильямс, 2004. 608 с.
2. *Катаев М.Ю.* Определение и анализ двигательной активности постинсультного пациента из потока изображений / М.Ю. Катаев, С.Г. Катаев, Н.Г. Катаева, В.А. Чистякова // Информатика и системы управления. Медицинская информатика. 2012. №4(34). С. 43–50.
3. *Катаев М.Ю.* Определение и анализ двигательной активности постинсультного пациента по видеопотоку / М.Ю. Катаев, Н.Г. Катаева, С.Г. Катаев, М.О. Абрамов, В.А. Чистякова // Бюллетень сибирской медицины. 2014. Т. 13, № 5. С. 36–41.
4. *KaewTraKulPong P., Bowden R.* An improved adaptive background mixture model for real-time tracking with shadow detection // Video-Based Surveillance Systems. 2002. P. 135–144.
5. *A Background Subtraction Library* – Google Project Hosting [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://code.google.com/p/bgslibrary/>, свободный (дата обращения: 11.03.2015).

РАЗРАБОТКА РОБОТА-ЗМЕИ

А.В. Алешков, Н.А. Шумилин, студенты каф. КИБЭВС
Научные руководители: О.В. Пехов аспирант каф. КИБЭВС,

Ю.О. Лобода, доцент каф. КИБЭВС

г. Томск, ТУСУР, Aleshkov70@yandex.ru

Проект ГПО КИБЭВС-1202 «Робототехника»

Актуальность разработки прототипа робота-змеи заключается, в частности, в его мобильности и скорости передвижения. После сильных землетрясений старые дома могут оказаться в руинах, первые этажи проваливаются, а верхние стоят, но в любой момент могут рухнуть. Спасатели могут начать поиск пострадавших, но есть вероятность того, что они сами окажутся под завалом. Для более эффективной работы спасателей и разрабатывается робот змея.

Целью данной работы является разработка алгоритма управления роботом-змеей для поисково-спасательных работ (нахождения людей под завалами зданий).

Для достижения цели были поставлены задачи:

- исследовать существующие типы движения змей;
- разработка оптимальных алгоритмов движения змеи в зависимости от внешних условий.

При разработке роботизированной змеи был использован Bioloid Robot Kit, причём конструкция была собрана таким образом, что змея имеет возможность использовать как «змеевидный» алгоритм движения, так и «боковой ход», описанные далее. Сервомоторы расположены последовательно, каждый последующий мотор повернут относительно предыдущего на 90°, соответственно роботизированная змея имеет возможность двигаться по поверхностям с объёмными препятствиями. Программирование робота осуществляется в специализированной среде Bioloid.

При «змеевидном» типе движения туловище волнообразно изгибается и образующиеся волны как бы пробегают вдоль тела от головы до хвоста [1]. Выгибающийся участок тела, поставленный наискось к направлению движения, опирается на субстрат (специализированную поверхность) и создает толкающую силу. Эта сила направлена под углом к движению, но может быть разложена на две составляющие – перпендикулярную и параллельную линии движения. Первая составляющая гасится сопротивлением опоры, а вторая толкает тело вперед. Таким образом, чем больше изгибов, тем больше суммарная движущая сила. Поскольку при змеевидном типе движения используется опора на субстрат, то эффективность движения зависит от шероховатости опо-

ры. Так, по гладкому стеклу змея не может двигаться: тело извивается, а животное остается на месте.

При типе движения «боковой ход», змея, подтягивая вперед заднюю часть туловища, перебрасывает ее вперед (не касаясь субстрата) и затем, опираясь на всю боковую поверхность тела, подтягивает переднюю часть. След при таком движении получается не сплошной, а состоящий из отдельных параллельных полос с крючковатыми концами, расположенных под углом к линии движения. Опора при таком способе движения получается более основательная, и от одного следа к другому змея буквально «перешагивает».

Змея, собранная на основе конструктора Bioloid Robot Kit, является опытным образцом для отладки и программирования необходимых алгоритмов движения на практике. В основе робота лежат 16 сервомоторов, пластиковые элементы конструкции, набор различных датчиков, а также блок управления роботом. Также возможно ручное управления змеей посредством Bluetooth при помощи пульта управления, входящего в набор Bioloid.



Рис. 1. Модель созданного прототипа bioloid snake

Змея имеет два джойстика и множество вспомогательных кнопок. Благодаря пульта можно управлять змеей на безопасном расстоянии и вести поиск людей под завалом. Оператор управляет направлением движения змеи, которая в свою очередь автоматически адаптируется к неровной поверхности и поднимается над небольшими препятствиями. Каждые несколько сантиметров змея должна останавливаться и «прислушиваться» и передавать звуковые сигналы на пульт оператора. Во время продвижения змея использует датчики для поиска тепла, исходящего от человека. Как только датчик указывает на какую-либо активность, змея «замирает», а все микрофоны начинают работать и

вслушиваться, чтобы найти выживших. Когда змея достаточно близко подползет к человеку, можно будет включить громкую связь и узнать у пострадавшего о степени его повреждений.

На данном этапе проекта был создан прототип робота-змеи, проанализированы различные алгоритмы движения робота (рис. 1).

ЛИТЕРАТУРА

1. О змеях и их движениях [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.berl.ru/article/heed/nake/zm/o_zmeah.htm/ (дата обращения: 15.09.2014).

2. Все о змеевидных роботах [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.snakerobots.com/index.html> (дата обращения: 30.09.2014).

ПОСТРОЕНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ ПОКАЗАНИЙ СЧЕТЧИКОВ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОММЕРЧЕСКОГО УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

М.М. Антонов, студент каф. КИБЭВС

Научный руководитель А.А. Конев, доцент каф. КИБЭВС, д.т.н.

г. Томск, ТУСУР, tax13041993@mail.ru

Целью данной работы является представление вариантов построения базы данных показаний счетчиков для автоматизированной системы коммерческого учета электроэнергии (АСКУЭ).

Описание АСКУЭ. Программное обеспечение (ПО) АСКУЭ – программный комплекс, включающий в себя: сервер сбора данных, сервер приложений, АРМ оператора, АРМ администратора, АРМ клиента, где АРМ есть рабочее место с доступом к серверу приложений через web-браузер.

Основные функции, которые должно обеспечивать ПО АСКУЭ:

- автоматический сбор данных (1 раз в сутки) о приращениях электроэнергии с заданной дискретностью учета (60 мин);
- сбор данных о приращениях электроэнергии по запросу оператора/администратора;
- обработка данных;
- хранение сведений об измеренных величинах в базе данных в течение одного месяца;
- ежесуточное и ежемесячное резервирование баз данных. Хранение ежесуточных архивов в течение одного месяца. Хранение ежемесячных архивов в течение двух лет;
- оперативное реагирование и предупреждение о возникших неполадках на участке сети, локализация очагов с потерями энергоресурсов;
- отображение текущего состояния энергосчетчиков и УСПД при необходимости;

– разграничение доступа к базам данных для разных групп пользователей, фиксация в отдельном электронном файле всех действий пользователей с базами данных;

– конфигурирование УСПД и приборов энергоучета;

– выгрузка данных в XML-формате.

Варианты построения базы. База данных показаний счетчиков должна включать в себя:

– данные об УСПД (физический адрес, сетевой адрес, серийный номер);

– данные о счетчиках (сетевой адрес, привязка к конкретному УСПД, серийный номер, тип таблицы для записи показаний);

– связь счетчика с таблицей для записи показаний;

– данные показаний со счетчика.

Для создания базы данных было выбрано 2 варианта построения. В первом варианте для каждого типа счетчиков должна существовать отдельная таблица для хранения поступающих данных, так как перечень информации, поступающей с разных типов счетчиков, может различаться. Для этого создается таблица, связывающая тип счетчика, и таблица, в которую записываются его показания. В данный момент мы рассматриваем только один тип счетчиков, с которыми мы будем работать. Данный вариант представлен на рис. 1.

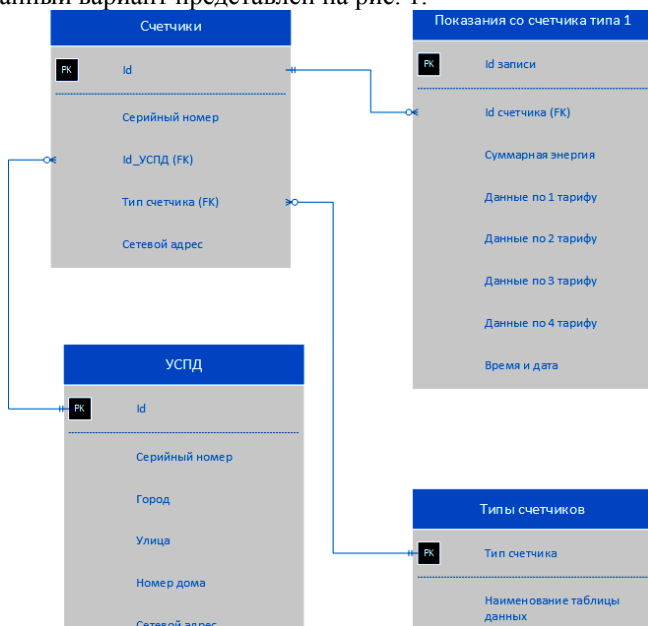


Рис. 1. Первый вариант построения базы данных показаний счетчиков

Во втором варианте построения мы используем более гибкую структуру, которая не требует создания отдельных таблиц под каждый тип счетчика. У нас имеется таблица, в которой записаны все характеристики, которые могут передаваться счетчиком, а при получении данных от устройств мы используем связку Id счетчика, Id характеристики и значение, которое поступило от данного счетчика по данному параметру. Так как в таблице хранятся записи только за одно число, то эта связка достаточна для обеспечения уникальности записи в таблице. Второй вариант представлен на рис. 2. Перечень информации, которую может передавать счетчик, указан в протоколе взаимодействия счетчика с управляющим терминалом [1]. Из этого перечня были выбраны данные, необходимые для контроля состояния счетчика и составления отчета о потребленной энергии. На их основе были составлены таблицы показаний счетчиков.



Рис. 2. Второй вариант построения базы данных показаний счетчиков

Заключение. В данной работе были представлены варианты построения базы данных показаний счетчиков для АСКУЭ. Конечный вариант реализации будет выбран после тестирования обоих вариантов и выбора наиболее подходящего для разрабатываемой системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Изделие «Милур-104». Протокол взаимодействия с управляющим терминалом (С изменениями 3.6). 2014. 45 с.

УПРАВЛЕНИЕ ТРАНСПОРТНЫМ УЗЛОМ УСТАНОВКИ ХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

В.А. Бахарев, студент каф. КИБЭВС

Научный руководитель Л.А. Торгонский, доцент

г. Томск, ТУСУР, bva-earthshaker@yandex.ru

Работа посвящена проекту автоматизированной установки выполнения механических операций обработки печатных плат. Процесс предусматривает 3 позиции, связанные с освежением и травлением, промывкой, сушкой. В позициях контролируется наличие растворов. По транспорту осуществляется контроль крайних положений.

Установка комплектуется из емкостей с химреактивами (2), пульта управления установкой, штатива с транспортом по трем координатам с блоком силовой электроники и устройством согласования (рис. 1).

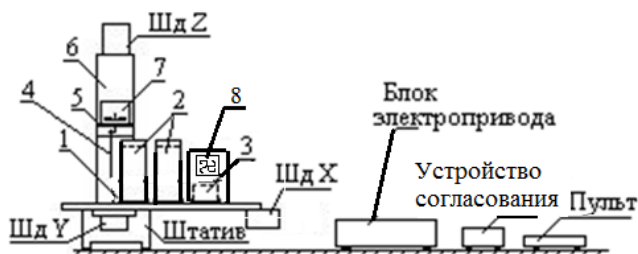


Рис. 1. Кинематическая схема установки: 1 – основание для емкостей; 2 – емкости с реактивами; 3 – емкость для сбора капель; 4 – печатная плата; 5 – скобы для крепления платы; 6 – траверса; 7 – балка; 8 – термовентильатор

Блок электропривода управляет двигателями штатива при помощи цифровых сигналов с пульта [1], которые через устройство согласования обретают необходимый уровень напряжения.

В установке на основании (1) устанавливаются и фиксируются две емкости с растворами (2) и одна емкость для сбора капель (3) жидкости в зоне термической сушки при помощи термовентильатора (8). Плата 4 навешивается на кронштейне 5, закрепляемом на траверсе 6, и может перемещаться по вертикали (координата Z) относительно плоскости стола, емкостей. Основание с емкостями в процессе обработки перемещается по координате X, а по координате Y только позиционируется относительно положения платы 4 при настройке установки. Доступ-

ные перемещения стола относительно стойки штатива составляют по $X = 200$ мм, $Y = 130$ мм и кронштейна по координате $Z = 170$ мм, что влияет на процесс компоновки установки и позволяет обрабатывать ПП размером до 70 мм на сторону с использованием емкости высотой 120 мм.

В установке предусматривается «ручное» и «автоматическое» управление транспортом. В ручном режиме оператору доступно управление шаговыми двигателями (ШД), термовентильатором при помощи клавиш, расположенных на пульте управления (X , Y , Z , возврат, $\leftarrow$, $\rightarrow$, вентилятор). На рис. 2 изображен алгоритм «ручного» управления.

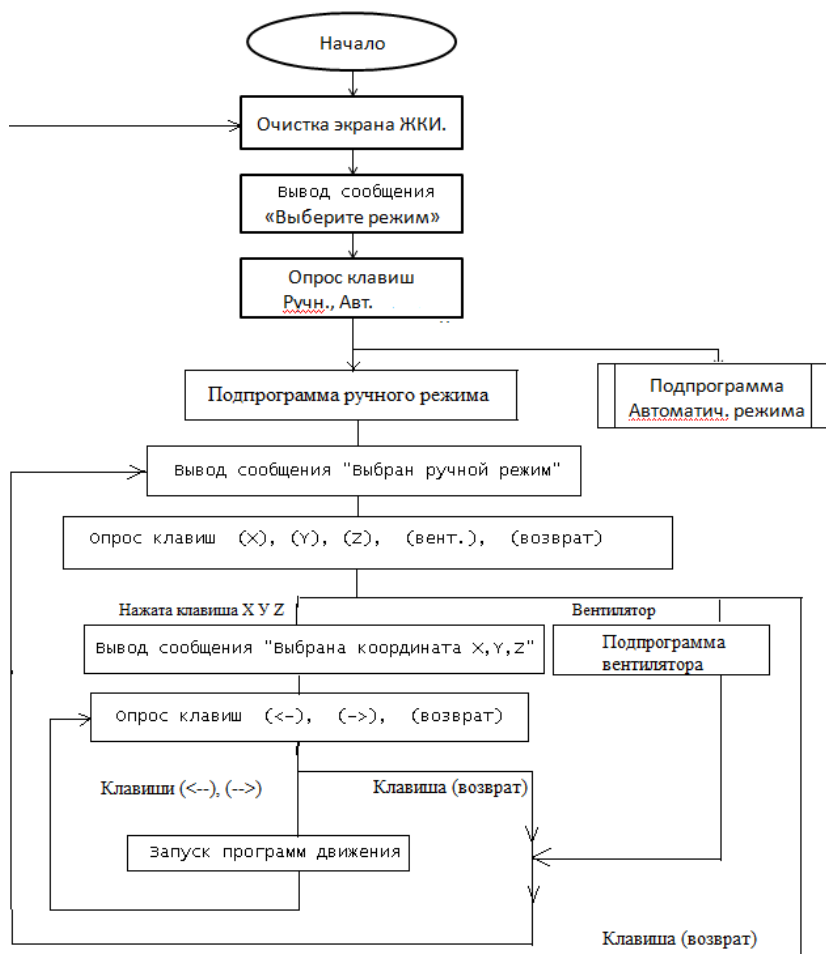


Рис. 2. Алгоритм ручного управления

Установка находится в процессе разработки драйверов для автоматического управления установкой, оснащением комплектующих на установке. По установке отлажены драйверы программ транспорта и сопровождения индикации.

ЛИТЕРАТУРА

1. ООО «ЛМТ». Учебный стенд SDK 1.1 Руководство пользователя. 2001. С. 1–99.

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС УПРАВЛЕНИЯ УСТАНОВКОЙ ХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

К.И. Чугаевский, студент

*Научный руководитель Л.А. Торгонский, доцент каф. КИБЭВС
г. Томск, ТУСУР, cki@aeneas.su*

Целевым объектом управления комплекса является установка травления печатных плат. В автоматизированной установке с местным микропроцессорным управлением применён трёхкоординатный штатив, который выполняет транспорт печатной платы в технологические зоны:

- зону установки на транспортный механизм платы для травления;
- зону освежения и травления фольги платы;
- зону промывки платы после травления;
- зону сушки и съёма платы.

Мнемосхема установки представлена на рис. 1.

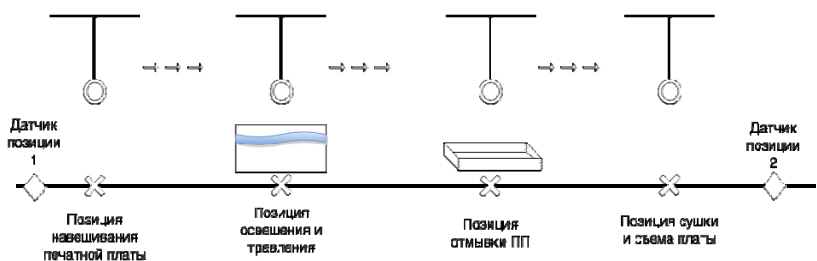


Рис. 1. Мнемосхема установки

В зоне установки оператор устанавливает на специальную консоль плату для последующей доставки в последующие зоны для выполнения технологической обработки. Процесс управления предусматривает перемещение платы из одной зоны в другую с контролем места нахождения платы, время присутствия в зоне и исполнение специальных операций в зонах. К таким специальным операциям относятся:

- периодическое опускание и подъем платы в зонах обработки с амплитудой до 6 мм с частотой до 0,5 Гц;

- съём состояния датчиков плотности растворов перед процессом и после завершения процесса;

- управление феном сушки платы;

- контроль завершения процесса.

Аппаратными средствами комплекса являются:

- персональный компьютер с штатным монитором и клавиатурой;

- канальные средства последовательного обмена данными компьютера с контроллером местного управления установкой.

Программная модель комплекса обеспечивает отображение в реальном времени состояний процесса:

- выхода инструмента в заданную позицию;

- промежуточных состояний транспорта платы;

- состояния успешно завершённых позиций процесса;

- временных показателей этапов процесса.

С клавиатуры комплекса иницируются:

- симуляция режима ручного управления установкой;

- режим настройки параметров и атрибутов процесса;

- режим автоматического прогона программы управления.

Взаимодействие программного комплекса с контроллером местного управления [1] установки поддерживается специфицированным протоколом передачи/приёма кадров управления/контроля по интерфейсу RS232 или с (применением аппаратного преобразователя интерфейсов) через USB интерфейс компьютера [2].

Формат кадра управления предусматривает:

- передачу команд управления;

- передачу атрибутов транспорта.

Формат кадра контроля состояний процесса предусматривает:

- передачу команд завершения выполнения подпрограммы;

- передачу атрибутов текущей стадии выполнения подпрограммы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Учебный лабораторный стенд SDK-1.1 [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://embedded.ifmo.ru/sdk/sdk11/doc/sdk11_userm_v1_0_11.pdf (дата обращения: 24.01.2015).

2. С#. Передача данных через com-порт на микроконтроллер [Электронный ресурс]. режим доступа: <http://www.cyberforum.ru/csharp-beginners/thread588150.html> (дата обращения: 12.02.2015).

РАЗРАБОТКА 3D-ПРИНТЕРА

А.А. Габдрафиков, Е.Д. Демидова,

Н.А. Шумилин, студенты каф. КИБЭВС

Научные руководители: О.В. Пехов, аспирант каф. КИБЭВС,

Ю.О. Лобода, доцент каф. КИБЭВС

г. Томск, ТУСУР, alex81379456@yandex.ru

Проект ГПО КИБЭВС-1202 «Робототехника»

Целью данной работы является разработка 3D-принтера. Для достижения данной цели были поставлены задачи:

- исследовать существующие технологии 3D-печати;
- исследовать существующие конструкции 3D-принтеров;
- произвести выбор технологии и конструкции для реализации собственного 3D-принтера, который будет применяться для создания конструктора и изготовления деталей для роботов на основе проведенных исследований.

В настоящее время наиболее распространены следующие технологии печати: стереолитография, лазерное спекание порошковых материалов, печать методом наплавления, технология polyjet [1].

В разработке нашего 3D-принтера используется технология печати методом наплавления (Fused Deposition Modeling, FDM) [2]. В данной технологии прототип создается из любого плавкого материала (воск, пластик и т.п.). Данная технология печати требует минимум затрат в реализации, проста в обслуживании, имеет возможность печати различными материалами (ABS, PLA, HIPS, нейлон).

Материал для 3D-печати по технологии печати методом послойного наплавления (FDM): ABS (акрилонитрилбутадиенстирол, АБС) – это ударопрочная техническая термопластическая смола на основе сополимера акрилонитрила с бутадиеном и стиролом. Этот пластик непрозрачный, легко окрашивается в разные цвета. Данный материал является долговечным, нетоксичным, стойким к щелочам и кислотам, ударопрочным, имеет широкий диапазон эксплуатационных температур. Недостатками являются неустойчивость к ультрафиолетовому излучению, несовместимость с пищевыми продуктами и высокая термоусадка.

Виды конструкций 3D-принтеров условно можно разделить на следующие группы:

Группа А: в нее входят конструкции, в которых печатающая головка перемещается по оси X , а платформа – по осям Y и Z [3].

Группа Б: в данную группу вошли конструкции, в которых по оси Y перемещается платформа, а по XZ – экструдер.

Группа С: конструкции, в которых платформа движется вверх и вниз по оси Z (в процессе печати – вниз), а печатающая головка с экструдером – по остальным двум осям соответственно.

Группа D: дельта-принтеры – это такие принтеры, в которых движется только печатающая головка.

При разработке 3D-принтера было необходимо создать конструкцию, в которой печатающая головка перемещается по оси X , а платформа – по осям Y и Z (конструкция группы В). Данный вид конструкции является наиболее предпочтительным, так как данная конструкция проста в сборке и калибровке, имеет жесткую конструкцию и отличается высоким качеством печати. На начальном этапе разработки была создана 3D-модель будущего принтера (рис. 1).

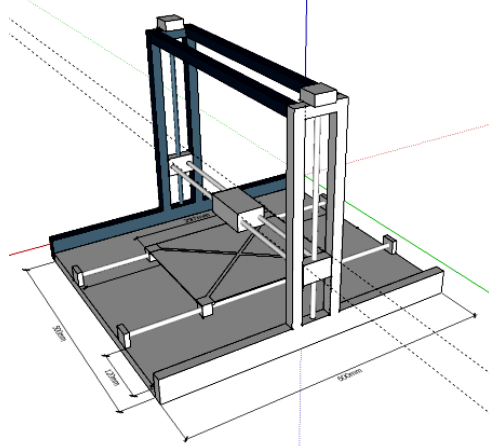


Рис. 1. 3D-модель принтера

Работой всех компонентов 3D-принтера управляет контроллер, который распознаёт G-код. Подавляющая часть контроллеров 3D-принтеров использует для работы платформу Arduino с открытой архитектурой и программным кодом. Для управления двигателями, нагревателями и вентиляторами, а также для получения данных с датчиков крайних положений и термисторов используются дополнительные модули, такие как плата расширения RAMPS 1.4, драйверы шаговых двигателей, которые обеспечивают необходимые выходные токи и работу в микрошаговом режиме. RAMPS (RepRap Arduino Mega Pololu Shield) 1.4 – плата расширения для Arduino Mega совместимого контроллера, предназначенная для управления 3D-принтером. Плата совместима с платой драйвера шагового двигателя (A4988) для управления двигателем в микрошаговом режиме. Можно также подключить:

- до 3 аналоговых датчиков (в 3D-принтере используются для подключения датчиков температуры);
- до 6 датчиков замыкания либо размыкания контакта. В 3D-принтере используются для подключения концевых датчиков. Может устанавливаться по 1 или по 2 на каждое измерение (X , Y , Z).

3D-печать состоит из нескольких этапов, и на каждом этапе используются свои инструменты (рис. 2).

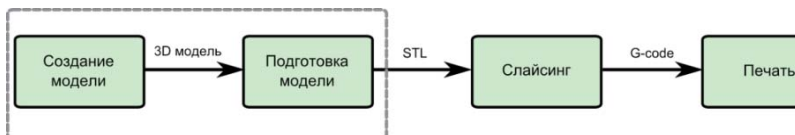


Рис. 2. Процесс создания модели

Для создания и подготовки модели к печати было решено использовать 3D-редактор AutoCAD, также было решено использовать Slic3r на этапе разбиения модели на слои (слайсинг), на этапе печати используется программное обеспечение PronterFace.

В конечном итоге для достижения цели была выбрана технология печати, вид конструкции 3D-принтера, разработана модель 3D-принтера в редакторе SketchUP. Также определен набор программного обеспечения для последующей работы 3D-принтера.

ЛИТЕРАТУРА

1. Классификация 3D-принтеров (7 технологий 3D-печати) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://geektimes.ru/post/208906/> (дата обращения: 15.09.2014).
2. Технологии 3D-печати [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.ixbt.com/printer/3d/3d_tech.shtml (дата обращения: 30.09.2014).
3. Популярно о генеалогии 3D-принтеров. Кто есть кто? [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://habrahabr.ru/company/boxowerview/blog/171357/> (дата обращения: 14.10.2014).

ОБРАБОТКА ПОТОКА ИЗОБРАЖЕНИЙ С ЦЕЛЬЮ ВЫДЕЛЕНИЯ ОБЪЕКТА

Е.В. Ивашко, О.П. Мусиенко, студенты каф. АСУ

*Научный руководитель М.Ю. Катаев, доцент каф. АСУ, д.т.н.
г. Томск, ТУСУР*

Проект ГПО АСУ-1402 «Обработка изображений»

В настоящее время во многих сферах жизни используются изображения и компьютерное зрение [1]. Зачастую человек смотрит на

мир не своими глазами, а сквозь призму видеокамер. Это может позволить наблюдать несколько сцен одновременно. Так, например, охранник, работающий на большом предприятии, видит перед собой множество изображений, за каждым из которых ему необходимо наблюдать и отслеживать изменения. Эти изображения содержат массу ненужных деталей, которые могут отвлекать от истинной цели наблюдения. Важным на сегодняшний день является выделение только необходимой части изображения.

Обработкой видео или потока изображений начали заниматься сравнительно недавно. В связи с этим полноценного продукта, который может обеспечить качественную обработку видео с целью выделения необходимого объекта, просто не существует либо он имеет большое количество недостатков, поэтому не может быть использован по назначению. Вследствие этого было принято решение создать собственный программный продукт, позволяющий выделить движущийся объект из видеопотока или набора кадров.

Структура программного продукта. В рамках проекта нами разрабатывается программное приложение, позволяющее считывать и обрабатывать видеофайл или набор последовательных кадров в одном из форматов изображения. Если на вход подается видеофайл, то перед началом выделения объекта он разбивается на последовательность кадров. Далее начинается обработка, порядок действий, которые будут производиться над этой последовательностью кадров, зависит от применяемого для выделения объекта метода. В результате приложение формирует последовательность кадров, на которых выделен объект.

Обработка входных данных включает в себя следующую последовательность действий:

1. Выделение объекта.
2. Удаление шума.
3. Удаление теней.

Методы для выделения объекта

1. *Метод гауссовой смеси* [2].

Метод гауссовой смеси является многомодальным и позволяет более точно описывать статистику изменчивого фона. Алгоритм создает пиксельную модель всей сцены, в которой используются отдельно гауссовы смеси для фона, переднего плана и теней. Основываясь на времени существования и дисперсии каждого гауссиана в смеси, можно определить, какие из них относятся к фону. Пиксели, значения которых не укладываются в фоновые распределения, считаются переднеплановыми до тех пор, пока не появится гауссиан, позволяющий с достаточной точностью отнести их к фону.

2. Метод временной разности [2].

Метод временной разности отделяет передний план от фона при помощи попиксельного вычитания двух или более последовательных кадров. Очевидно, что методы временной разности хорошо определяют динамические изменения сцены, но обычно не могут выделить целиком все однородные пиксели одного объекта, что приводит к фрагментации выделенных объектов (часто внутри них образуются пустоты).

3. Адаптивный метод [3].

Для выделения областей движения используется модификация метода «вычитания фона»: строится модель переднего плана (движущейся области (объекта)) и заднего плана (статического фона). Для уменьшения влияния шума и увеличения быстродействия алгоритма изображение разбивается на квадратные блоки. Дальнейший анализ изображения сводится к анализу блоков, где любая характеристика блока (например, цвет) – среднее значение входящих в него пикселей. Уровень шума и задний план определяются для каждого блока в отдельности.

Достигнутые результаты. К настоящему моменту нами был изучен ряд методов. Способность этих методов функционировать и выдавать корректный результат зависит от различных параметров входных данных. После проведения тщательного анализа были отобраны наиболее эффективные и корректные методы, часть из которых была рассмотрена выше. Выбранные методы были реализованы с помощью библиотеки компьютерного зрения с открытым исходным кодом OpenCV [4]. Для удобного восприятия получаемых результатов наше приложение демонстрирует конечному пользователю как исходные данные, так и получаемый результат. Кроме того, приложение дает возможность выбрать метод, который будет применен к входному потоку данных. Такой подход позволяет сравнить результаты работы различных методов, чтобы у пользователя была возможность выбрать тот метод, который наиболее эффективно работает именно на его наборе входных данных.

План дальнейшего развития проекта

В план дальнейшего развития входят следующие задачи:

1. К реализованным методам добавить реализацию алгоритмов для удаления шума и теней с полученных изображений.
2. Протестировать и улучшить графический интерфейс.
3. Собрать реализованные алгоритмы в полноценный программный продукт.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Форсайт Дэвид, Понс Жан.* Компьютерное зрение. Современный подход. М.: Вильямс, 2004. 928 с.

2. Ko T., Soatto S., Estrin D. Background Subtraction on Distributions // ECCV '08 Proceedings of the 10th European Conference on Computer Vision: Part III, 2008. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://vision.ucla.edu/papers/koSE08.pdf>

3. Салимзибаров Р., Разумков А., Коробков А. Адаптивный метод выделения движущихся объектов Proc. GraphiCon, 2010.

4. Learning OpenCV [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://locv.ru/wiki/Главная_страница.

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО СЕКРЕТАРИАТА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ СОРЕВНОВАНИЙ

Р.В. Коновалов, А.А. Петрушина, студенты каф. КСУП

*Научный руководитель Д.В. Кручинин, аспирант каф. КИБЭВС
г. Томск, ТУСУР, konovalovrv1992@gmail.com*

Цель данной работы – разработка программного комплекса по автоматизации ввода, вывода и обработки информации на примере работы секретариата соревнований.

Первый этап, разработка базы данных, состоит из двух этапов: проектирования БД и создания БД [3]. Проектирование включает в себя:

- системный анализ предметной области;
- анализ данных и построение модели данных.

Создание БД в памяти ЭВМ происходит в среде, определенной СУБД, и состоит из:

- создания структуры базы данных;
- заполнения базы данными.

Данная БД для комплекса была реализована при помощи СУБД Microsoft SQL Server 2012 [2].

На втором шаге рассматривается создание авторизации пользователя, простого графического интерфейса пользователя и добавление к нему несложной серверной функциональности (рис. 1) для более легкого учета соревнования, а также возможность самим участникам просматривать данные о соревнованиях в сети при помощи авторизации [1].

В самой программе реализован подсчет данных о проведении соревнований согласно регламенту соревнований. Также к самой базе данных применимы определенные бизнес-процессы (например, ограничение возраста, вес). Согласно установленным нормам по получению разряда программа автоматически сравнивает эти данные, и если участник достигает этого результата, ему присваивается очередной разряд.

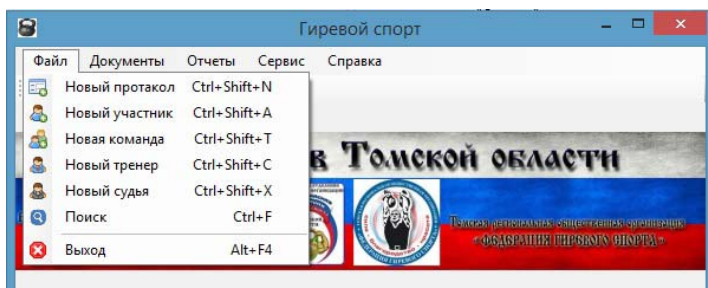


Рис. 1. Главная страница программы

В программе реализован протокол ведения соревнований (рис. 2) согласно регламенту Федерации гиревого спорта. Была добавлена возможность вывода на печать карточки участника, а также протокола соревнований. Также была введена возможность поиска данных, хранимых в БД. Были разработаны триггеры для автоматического заполнения данных, применяемых к таблицам добавления [2]. Был разработан графический интерфейс и визуальное оформление (согласно символики Федерации).

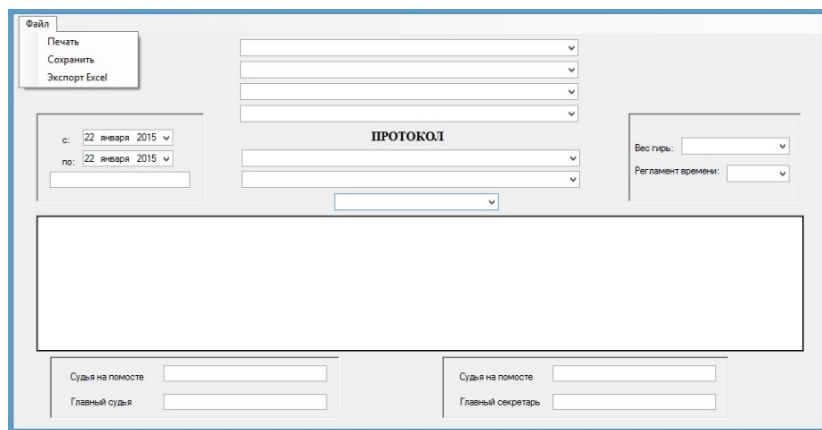


Рис. 2. Протокол соревнований

Заключение. На основе написанной программы данные, которые хранились в картотеках и имели большие объемы (как места хранения, так и объем информации), теперь хранятся в базе данных и практически не занимают места хранения. Также при помощи автоматизации данных подсчет всех данных лежит на программном обеспечении, где

освобождает судейскую коллегию от подсчетов и экономит время на выявления победителя.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Библиотека MSDN*: Справочник [Электронный ресурс]. URL: <http://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/> (дата обращения: 21.07.2013).
2. *Вуйера Роберт*. Программирование баз данных Microsoft SQL Server 2008. Базовый курс. 2008. 816 с.
3. *Методология проектирования БД* [Электронный ресурс]. URL: <http://database.ucoz.com/index/0-8> (дата обращения: 16.09.2014).
4. *Нильсон Пол*. SQL Server 2005. Библия пользователя. 2008. 1228 с.

ОРИЕНТИРУЮЩИЙСЯ В ПРОСТРАНСТВЕ ШАГАЮЩИЙ РОБОТ

К.В. Левин, студент, О.В. Пехов, ассистент

г. Томск, ТУСУР, каф. КИБЭВС, konstantin_levin@inbox.ru

Биовдохновлённая робототехника является одной из наиболее перспективных ветвей развития робототехники. Задача био-вдохновленной робототехники – создание инженерно-технических систем, наиболее полно повторяющих анатомические особенности, принципы движения и отличительные свойства животных [1]. Шагающие роботы в контексте биовдохновленной робототехники все чаще интересуют научный мир, так как они превосходят колесных роботов в условиях трудной проходимости: могут преодолевать препятствия с перепадом высоты, пересеченную местность, имеют хорошие показатели маневренности.

Цель работы – создание автономного шагающего шестиногого робота, способного продолжить движение по заданной траектории при его падении или повороте.

Для выполнения поставленной цели необходимо, чтобы робот имел возможность:

- определить момент и направление падения. Для этого в конструкции использован двухосный гироскоп;
- восстановить рабочее положение. При падении робот имеет возможность вернуться в положение, пригодное для продолжения движения, путем переворота или изменения положения конечности;
- продолжить движение по исходной траектории. Учитывая показания гироскопа при падении робота, корректируется направление движения с учетом текущей ориентации робота.

В качестве основы конструкции были выбраны шестиногие роботы за высокую устойчивость при движении. Примеры таких роботов:

- DFRobot Hexapod Robot Kit (Китай) (рис. 1, *a*). На каждую ногу робота приходится по 3 сервомотора, угол поворота каждого – 300° . Характер движения робота – неадаптивный [2];

- Lynxmotion T-HEX 4DOF (США) (рис. 1, *б*). Конструкция ног этого робота дает больше возможностей организации движения. Для каждой ноги использовано по 4 сервомотора. Всего в движение робота приводят 24 сервомотора HS-645. Характер движения робота – адаптивный (на основе показаний гироскопа) [3];

- RHex DARPA (США) (рис. 2). Шестиногий мобильный робот-вездеход, предназначенный для спасательных или поисковых операций в условиях неровной местности. Его ноги не имеют суставов и представляют собой дугообразные пружины, которые вращаются вокруг своей оси. Также они оснащены тактильными и лазерными датчиками, которые позволяют роботу маневрировать на различных поверхностях. RHex по-разному реагирует на асфальтовые покрытия, гальку или траву, используя для перемещения по ним отличающиеся алгоритмы движения. При этом благодаря своей конструкции робот-вездеход всегда возвращается в исходное горизонтальное положение [4, 5].

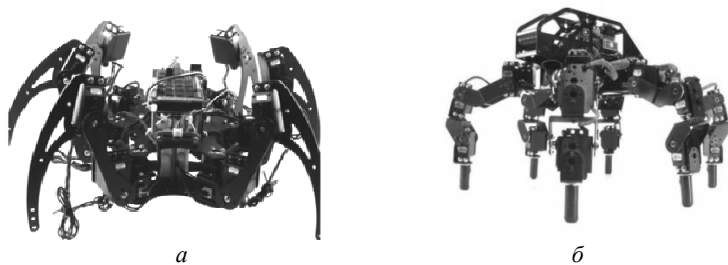


Рис. 1. Шагающие паукообразные роботы: *a* – робот DFRobot Hexapod Robot Kit; *б* – робот Lynxmotion T-HEX 4DOF

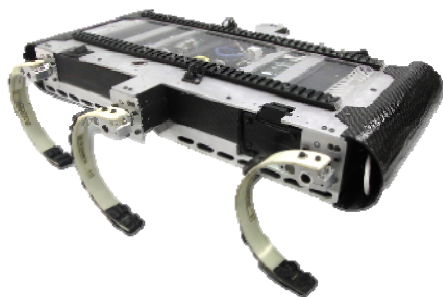


Рис. 2. Робот-вездеход RHex

Из представленных моделей только робот RHex обладает функциями стабилизации и восстановления исходного положения при падении, последнее обеспечивается особенностями конструкции и наличием удаленного управления.

В ходе работы были рассмотрены различные алгоритмы движения шестиногих шагающих роботов. В результате был выбран «инсектоподобный алгоритм 3+3». Данный алгоритм предполагает, что конечности разделяются на 2 группы, образующие треугольники. При движении одна группа поднимается, другая остается опорной и толкает робота в направлении движения (рис. 3, а). Данный алгоритм прост в реализации и может быть реализован с использованием корпусов и конечностей любого типа.

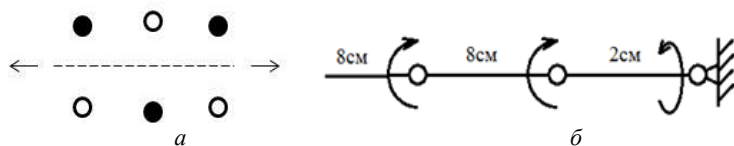


Рис. 3. Схемы: а – группа конечностей для инсектоподобного алгоритма; б – кинетическая схема конечности робота

Чтобы реализовать функцию восстановления положения робота, было решено использовать поворот конечностей вдоль оси корпуса, таким образом, робот может продолжать дальнейшее движение, при этом переворот корпуса в этот момент не происходит.

Было разработано несколько вариантов конструкций конечности. В результате была выбрана многорычажная конструкция, ее кинетическая схема с указанием длины ребер и внешний вид представлены на рис. 3, б и 4.

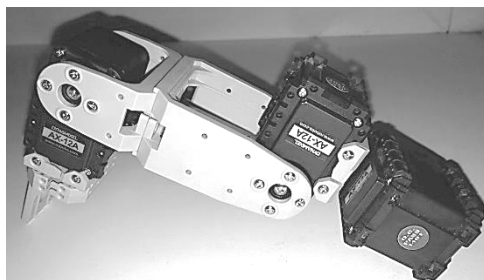


Рис. 4. Внешний вид конечности робота

ЛИТЕРАТУРА

1. Zillion – Прогресс – Bio-Inspired Robotics: «природная» робототехника [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://zillion.net/ru/blog/388/bio-inspired-robotics-prirodnaia-robototiekhnik> (дата обращения: 09.02.2015).

2. *Hexapod Robot Kit* [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.dfrobot.com/index.php?route=product/product&product_id=515 (дата обращения: 12.02.2015).
3. *Lynxmotion – T-Hex (4 DOF)* [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.lynxmotion.com/c-151-t-hex-4-dof.aspx> (дата обращения: 13.02.2015).
4. *RHex – Devours Rough Terrain* [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.bostondynamics.com/robot_rhex.html (дата обращения: 03.03.2015).
5. *Johnson A.M., Koditschek D.E. Toward a Vocabulary of Legged Leaping* // *Proceedings of the 2013 IEEE Intl. Conference on Robotics and Automation*, May 2013. P. 2553–2560.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОТОЛИТОГРАФИИ В ПРОГРАММНОМ ПАКЕТЕ SILVACO TCAD

И.А. Лысенко, студентка каф. КИБЭВС

*Научный руководитель Д.Д. Зыков, доцент каф. КИБЭВС, к.т.н.
г. Томск, ТУСУР, caladenia92@gmail.com*

В данной статье представлены результаты моделирования процесса фотолитографии, а также рассмотрено влияние таких параметров, как температура и время задубливания на профиль формируемой фоторезистивной маски. Моделирование технологических процессов выполнялось в программном пакете Silvaco TCAD. Для двумерного моделирования технологических процессов в данном пакете предназначена специальная платформа Athena, в состав которой входит модуль Optolith для моделирования процесса фотолитографии. Кроме фотолитографии, Athena обеспечивает возможность моделирования других технологических процессов, используемых в полупроводниковой промышленности, таких как ионная имплантация, диффузия, окисление, травление и осаждение. Ее работа основана на физических принципах работы устройств. Моделирование полученной структуры происходит путем решения системы уравнений, описывающих физику и химию процессов, происходящих в полупроводниках.

Актуальность компьютерного приборно-технологического моделирования, или TCAD, обусловлена, в первую очередь, невысокой стоимостью и быстротой создания моделей, а также возможностью получения информации, которую трудно или вообще невозможно измерить в реальных условиях.

Фотолитография – это технологический процесс получения определённого рисунка на поверхности материала, основанный на использовании фотохимических явлений, которые происходят в нанесённом на подложку слое фоторезиста.

Процесс фотолитографии включает ряд технологических операций: очистку поверхности пластины, нанесение фоторезиста, сушку слоя фоторезиста (подсушивание для обеспечения контактной печати), совмещение фотошаблона с пластиной и экспонирование рисунка фотошаблона в слое фоторезиста, проявление рисунка, повторное задубливание и удаление фоторезиста.

Сушка проявленных участков слоя фоторезиста обеспечивает изменение в слое фоторезиста его структуры в результате полимеризации. Данный этап не является обязательным шагом, хотя нередко помогает улучшить свойства фоторезиста. В частности, сушка повышает химическую и температурную устойчивость проявленного фоторезиста для последующих этапов, таких как электроосаждение, сухое и жидкостное травление, а также увеличивает адгезию к подложке. Задубливание является второй сушкой и отличается от первой, выполняемой после его нанесения, более высокой температурой. При повышенных температурах происходит пластическая деформация слоя фоторезиста: в зависимости от термопластичности входящей в его состав полимерной основы затягиваются мелкие отверстия, поры, дефекты. При этом происходят термохимические реакции (термолиз) с участием смолы, чувствительного компонента (если он есть), остаточного растворителя и воздуха. Данный процесс нередко сопровождается таким явлением, как оплавление фоторезиста. Однако несмотря на то, что при этом затягиваются небольшие проколы и дефекты, высокая степень оплавления приводит к искажению изображения и нечеткости получаемого рисунка.

С целью рассмотреть влияние температуры и времени проведения задубливания на степень оплавления фоторезиста было проведено моделирование процесса фотолитографии. Эксперимент проводился при различных значениях температуры и времени задубливания: 100, 120, 130° и 5, 20 мин. Кроме того, в модели были заложены следующие технологические параметры: тип фоторезиста AZ1350J, толщина: 0,5 мкм, поверхностное натяжение 2×10^{-2} дин/см, энергия активации: 1,85 Дж/моль, доза экспонирования 280 мДж/см² [1].

Результаты моделирования представлены на рис. 1.

Расплыванию фоторезиста препятствуют адгезионные силы на поверхности, поверхностное натяжение и внутренние напряжения в резисте. При плавлении или размягчении поверхностное натяжение сокращает площадь резиста до минимума, определяемого разницей коэффициентов поверхностного натяжения резиста и подложки, силой тяжести и текучестью смолы (пока химические реакции не изменят структуру полимерной смолы). При этом большие участки резиста имеют лучшую стойкость к расплыванию, чем области микронных размеров.

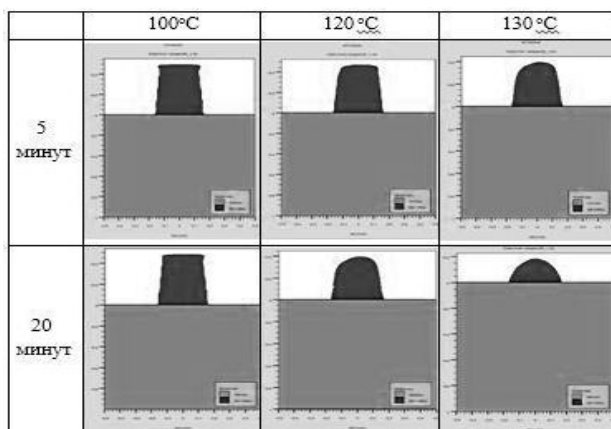


Рис. 1. Профиль фоторезиста при различных значениях времени и температуры задубливания

Существенное размягчение резиста приводит к тому, что силы поверхностного натяжения скругляют резкие контуры и сглаживают край изображения в соответствии с принципом минимума энергии, а также это приводит к уширению участка резистивной маски при уменьшении толщины слоя. Также при задубливании происходит частичная потеря веса в пленке AZ-1350J, которая обусловлена уходом летучих соединений [2].

Подобное моделирование может быть полезно технологам, практикующим для формирования рисунка на пластине метод фотолитографии. Таким образом, заложив в модель программного пакета Silvaco TCAD необходимую информацию, можно отследить влияние некоторых параметров на изменение профиля фоторезиста и определить оптимальные значения данных параметров без проведения эмпирических исследований. В частности, можно определить значения температуры и времени задубливания, обеспечивающие оптимальное соотношение между степенью расплывания изображения и закрытием дефектов в фоторезисте.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Silvaco International. ATHENA User's Manual* [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.engr.sjsu.edu/dparent/Silvaco/athena.pdf
2. *Моро В. Микролитография. Принципы, методы, материалы. Ч. 2.* М.: Мир, 1990. 1235 с.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА РЕЗЕРВУАРНОГО ПАРКА

В.И. Маковкин, магистрант каф. АОИ

*Научный руководитель Н.В. Замятин, профессор каф. АОИ, д.т.н.
г. Томск, ТУСУР, assorti2030@yandex.ru*

Активное развитие и увеличение в масштабе промышленных предприятий не может обойтись без автоматизации трудоемких и монотонных процессов. Показатели производительности и окупаемости таких предприятий также должны быть очень высокими. Поэтому резервуарные парки хранения сырья должны эксплуатироваться максимально эффективно при минимальных затратах, сохраняя при этом высокий уровень безопасности производства.

Основными решаемыми задачами в этой области являются мониторинг, сбор и отображение информации о количестве имеющихся веществ, динамики их использования, отслеживания истории их изменения. Помимо этого, необходим расчет объемов различного типа сырья, используемого в производящихся смесях, и отображения их процентного соотношения, проведения необходимых расчетов с анализом ситуаций в реальном времени с минимальным участием посторонних факторов. Разрабатываемая АИС предназначена для выполнения подобных задач самым оптимальным способом.

Целью данной работы является модернизация и развитие текущей АИС мониторинга резервуарного парка.

Прежде всего, решено изменить существующую систему на программном уровне, а также ее усовершенствовать. Основным изменением является выделение серверной части для возможности работать удаленно. Программная часть разделена на модули для увеличения гибкости разработки системы. Пользовательский интерфейс отделен от основной логики работы приложения. Добавлен API модуль для взаимодействия с клиентским приложением; таким образом, можно вынести вычисления и мониторинг работы устройств на отдельный сервер, разгрузив машину пользователя, и позволить синхронизировать данные между большим количеством пользователей. Разделены вычислительные и считывающие части системы; таким образом, становится не важно, каким способом получают данные (модуль сбора данных выполняется отдельно, а данные добавляются в очередь для записи в БД). Новая структура системы представлена на рис. 1.

В логике работы приложения проведено четкое разделение между пользователем и администратором, распределены их права и возможности.

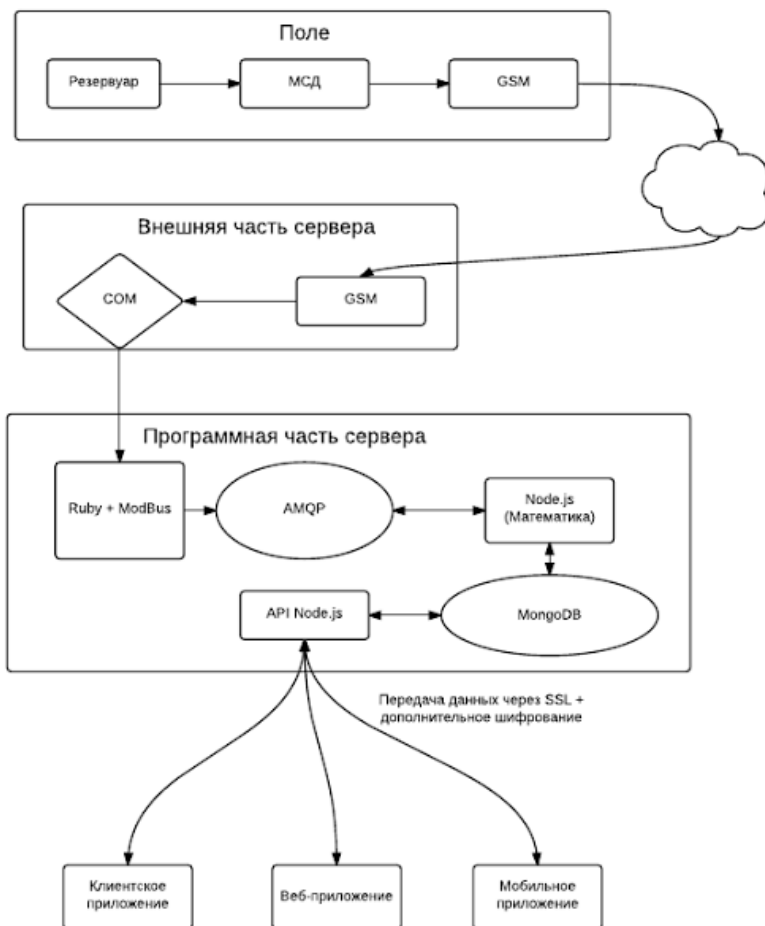


Рис. 1. Структура системы АИС

Изменен пользовательский интерфейс приложения. Прежде всего, вместо использования технологий Java и JRuby выбран NodeWebKit.

NodeWebKit – представляет собой платформу для создания обособленных пользовательских приложений, разрабатываемых с использованием web-технологий и способных напрямую вызывать модули Node.js и использовать Node.js API. В качестве основы используются наработки проекта Chromium, которые позволяют использовать его в качестве каркаса для формирования нативных сборок программ, созданных с использованием современных web-технологий (HTML5,

CSS3, JavaScript и WebGL) и способных поставляться в форме самодостаточного исполняемого приложения, не привязанного к браузеру. Сборки подобных программ могут быть сформированы для Linux, OS X и Windows [1].

Для разработки бизнес-логики клиентского приложения теперь используется AngularJS – JavaScript-фреймворк с открытым исходным кодом. Его цель – расширение браузерных приложений на основе MVC-шаблона, а также упрощение тестирования и разработки. Фреймворк адаптирует и расширяет традиционный HTML, чтобы обеспечить двустороннюю привязку данных для динамического контента, что позволяет автоматически синхронизировать модель и представление. В результате AngularJS уменьшает роль DOM-манипуляций и улучшает тестируемость [2].

Интерфейс выполнен в предлагаемом Google дизайне приложений Material Design, который получил повсеместное распространение в области UI-дизайна и множество положительных отзывов [3].

ЛИТЕРАТУРА

1. Github // NW.js [Электронный ресурс]. 2015 <https://github.com/nwjs/nw.js/tree/master> (дата обращения: 26.02. 2015).
2. Wikipedia // AngularJS [Электронный ресурс]. 2015 <https://ru.wikipedia.org/wiki/AngularJS> (дата обращения: 26.02. 2015).
3. Google // Material Design [Электронный ресурс]. 2014 <http://www.google.com/design/> (дата обращения: 26.02. 2015).

АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ MES

А.М. Машуков, студент каф. КИБЭВС

Научный руководитель Д.Д. Зыков, доцент каф. КИБЭВС, к.т.н.

г. Томск, ТУСУР, mashukov.alexey@mail.ru

В данной статье рассмотрен один из способов автоматизации производства: с использованием MES-системы.

Автоматизация производства – это совокупность мер, направленная на внедрение в производственный цикл автоматизированных систем контроля и управления всеми технологическими процессами. Автоматизация производства позволяет свести время простоя оборудования к технологическому минимуму и практически полностью исключить человеческий фактор. Результатом становится повышение надёжности работы всех производственных систем и улучшение показателей экономической эффективности [1].

Информационная система управления технологическими процессами представляет собой интегрированное аппаратно-программное решение, разработанное для сбора статистики, контроля и оперативного планирования деятельности на производстве [2]. Результатами успешной реализации и внедрения такой системы являются увеличение объемов производства, сокращение себестоимости продукции, улучшение качества выпускаемой продукции.

Система управления производственными процессами (MES – manufacturing execution system) – специализированное прикладное программное обеспечение, предназначенное для решения задач синхронизации, координации, анализа и оптимизации выпуска продукции в рамках какого-либо производства [3]. На рис. 1 представлены функции MES-систем.

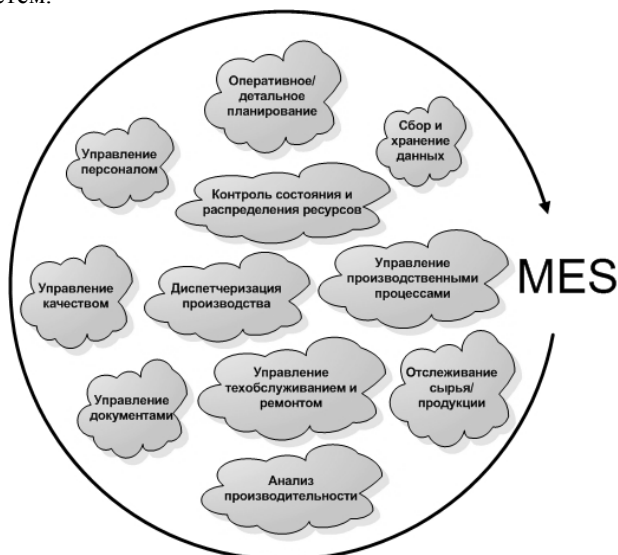


Рис. 1. Функции системы управления производством

Для автоматизации производства было предложено разрабатывать собственную систему управления производством. Достоинства данного решения: учет всех нюансов данного производства; простота внедрения (по сравнению с готовым продуктом). Недостатки: нужны средства и время на разработку, изучение предметной области.

На данном этапе закончена работа над некоторыми модулями программного обеспечения. В данный момент MES-система позволяет хранить, изменять и удалять технологические маршруты. На рис. 2 представлен интерфейс окна редактирования маршрута.

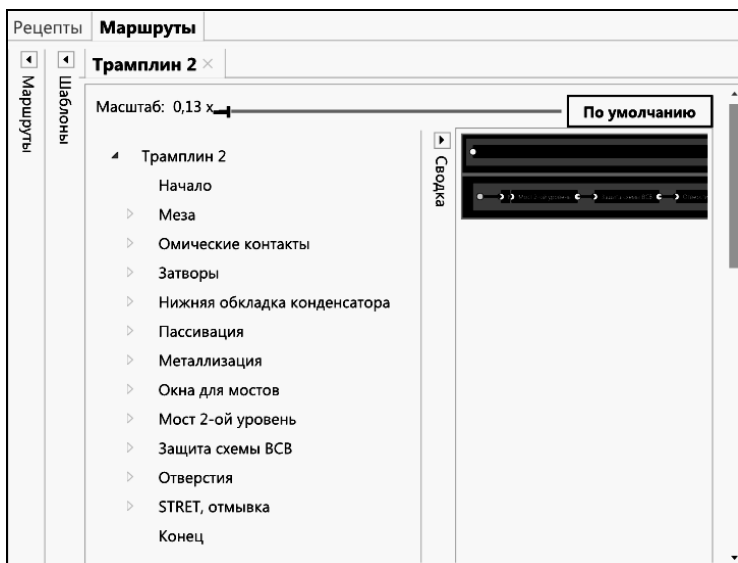


Рис. 2. Модуль редактирования технологических процессов

Работа над улучшением функционала MES-системы продолжается. В дальнейшем будут доделаны остальные модули программного обеспечения, такие как планирование, уведомление, разграничение прав доступа и др. Введение данной системы на производство позволит существенно автоматизировать производство: добиться больших показателей в объемах выпуска, качества продукции, а также уменьшить время простоя оборудования. Удобства от внедрения MES-системы смогут ощутить не только администрация предприятия, но и простые сотрудники.

ЛИТЕРАТУРА

1. ООО НПП «Микроника» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://mikronika-energo.ru/products/asutp/>, свободный (дата обращения: 25.02.2015).
2. What is Manufacturing Execution Systems? [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://encycl.opentopia.com/term/Manufacturing_Execution_Systems, свободный (дата обращения: 25.02.2015).
3. Википедия – свободная энциклопедия [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/MES> свободный (дата обращения: 25.02.2015).

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ВИЗУАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ И МОНОЛИТНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ

Р.А. Мухамадеев, магистрант каф. ФЭ

*Научный руководитель А.Ю. Ющенко, нач. лаб. ОАО «НИИПП», к.т.н.
г. Томск, ТУСУР, muhamadeev_ra@niipp.ru*

Визуальный контроль – метод обнаружения и анализа внешних дефектов промышленных изделий, возникающих на различных этапах производства, осуществляемый оператором с использованием оптических средств; один из видов контроля качества изделий. Однако длительная работа по визуальному контролю приводит к быстрой утомляемости зрения оператора и снижению качества контроля.

Современные масштабы выпуска монолитных интегральных схем и полупроводниковых приборов настолько огромны, что визуальный контроль отнимает очень большое время и требует больших усилий со стороны контролирующего оператора. Следовательно, программное обеспечение для автоматизации визуального контроля является очень востребованным.

Для реализации данного программного обеспечения необходимо использовать теоретические основы компьютерного зрения. Компьютерное зрение – теория и технология создания машин, которые могут производить обнаружение, слежение и классификацию объектов. Эта область знаний основывается на четком представлении о камерах и физическом процессе формирования изображения, получения выводов на основе изучения набора отдельных пикселей, умении суммировать информацию, полученную из множества изображений, упорядочении группы пикселей с целью их разделения или получения информации об изучаемом объекте, распознавании объектов с помощью геометрической информации или вероятностных методов.

Используя теорию компьютерного зрения, было разработано программное обеспечение (ПО) для автоматизированного визуального контроля полупроводниковых приборов и монолитных интегральных схем «Computer vision microcircuit inspection software (CVMIS)».

Данное ПО работает в несколько этапов. Вначале происходит получение от пользователя микрофотографии образца годного чипа и набора микрофотографий исследуемых образцов. Затем происходит сегментация всех полученных изображений (годного чипа и набора исследуемых чипов). Таким образом, подложка обозначается черным цветом, остальные элементы – белым (рис. 1). Затем для каждого испытуемого чипа проводится проверка – происходит совмещение сег-

ментированного изображения годного чипа и сегментированного изображения испытуемого. После совмещения можно проводить анализ – какие пиксели соответствуют годному чипу, а какие не соответствуют.

Однако этот процесс довольно нетривиален, поскольку при изготовлении микрочипов могут быть допущены некоторые погрешности и небольшие отклонения размеров и взаимного расположения элементов чипа, также могут быть небольшие пылинки на испытуемом образце. Соответственно, необходимо различать допустимые отклонения и дефекты на микрочипе. Для этой цели все несоответствующие пиксели образца объединяются в граф, и происходит анализ диаметра сильно связанных компонент графа. В результате данного анализа происходит выявление поврежденных областей чипа.

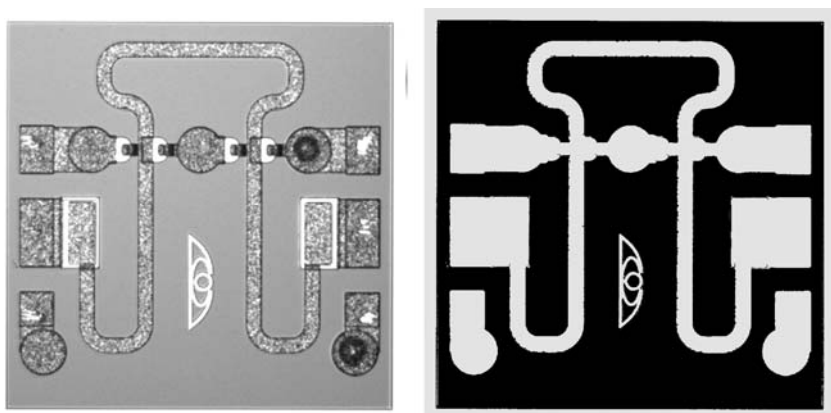


Рис. 1. Микрофотография чипа (слева), сегментация данной микрофотографии (справа)

На рис. 1 представлен результат работы алгоритма сегментации. Отсюда видно, что данный алгоритм довольно хорошо различает подложку и металлизацию чипа.

Для демонстрации работы данного ПО представлен набор из нескольких микрофотографий чипов (рис. 2), на которых были найдены различные повреждения: это пылинки на чипе, осажденные в ненужных местах капли металла, разрывы диэлектрической пленки, разрывы металлизации. При нахождении повреждений разработанное ПО обводит его в зеленый квадрат.

Из анализа выявленных повреждений следует, что данное ПО довольно точно определяет различные существенные дефекты чипов и при этом игнорирует незначительные недостатки.

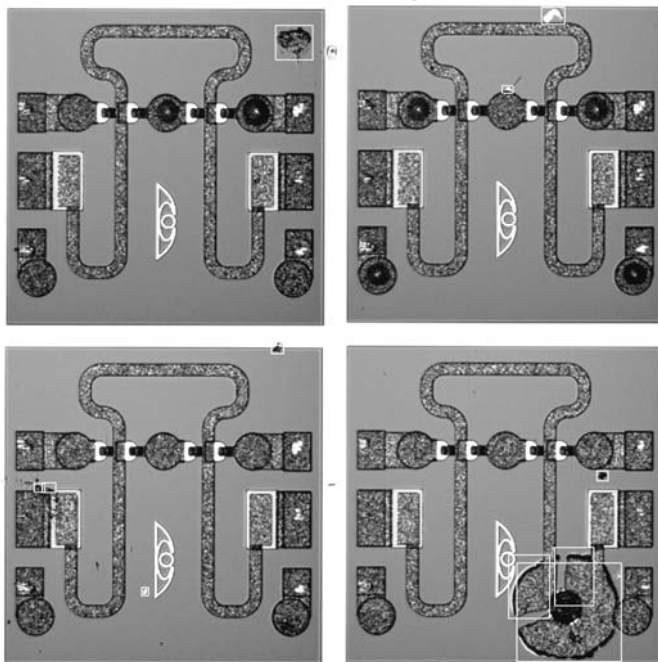


Рис. 2. Образцы выявленных повреждений на микрофотографиях реальных чипов, находящихся на производстве в ОАО «НИИПП»

Данное программное обеспечение является частью комплекса «IC Createch», разрабатываемого в ОАО «НИИПП».

ЛИТЕРАТУРА

1. *Форсайт Понс, Жан Дэвид А.* Компьютерное зрение. Современный подход / Пер. с англ. М.: Изд. дом «Вильямс», 2004. 928 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО СВЕТОДИОДА В ПРОГРАММНОМ ПАКЕТЕ SILVACO TCAD

Л.А. Патрашану, студент каф. КИБЭВС

Научный руководитель Д.Д. Зыков, доцент каф. КИБЭВС, к.т.н.

г. Томск, ТУСУР, liana_1992.15@mail.ru

Целью работы является изучение структуры и принципа работы органического светодиода и ознакомление с программным пакетом Silvaco TCAD для дальнейшего моделирования в нем изучаемого устройства. В настоящее время на мировом рынке активно развивается

направление твердотельных источников света, которые благодаря ряду преимуществ уверенно вытесняют традиционные источники света. К твердотельным источникам света относят два вида светоизлучающих диодов: органические и неорганические соответственно.

Органический светодиод (англ. Organic Light-Emitting Diode (OLED) – органический светоизлучающий диод) – полупроводниковый прибор, изготовленный из органических соединений, который эффективно излучает свет, если пропустить через него электрический ток.

Принцип действия и механизм излучения органического светодиода аналогичны принципу действия и механизму излучения других типов светодиодов. На рис. 1 показан пример структуры и принцип работы органического светодиода.

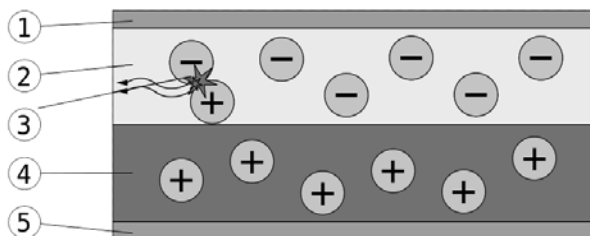


Рис. 1. Принцип работы органического светодиода: 1 – катод; 2 – эмиссионный слой; 3 – испускаемое излучение; 4 – проводящий слой; 5 – анод

Для создания органических светодиодов используются тонкопленочные многослойные структуры, состоящие из слоев нескольких полимеров. При подаче на анод положительного относительно катода напряжения поток электронов протекает через прибор от катода к аноду. Таким образом, катод отдает электроны в эмиссионный слой, а анод забирает электроны из проводящего слоя, или, другими словами, анод отдает дырки в проводящий слой. Эмиссионный слой получает отрицательный заряд, а проводящий слой – положительный. Под действием электростатических сил электроны и дырки движутся навстречу друг к другу и при встрече рекомбинируют. Это происходит ближе к эмиссионному слою, потому что в органических полупроводниках дырки обладают большей подвижностью, чем электроны. При рекомбинации происходит понижение энергии электрона, которое сопровождается испусканием (эмиссией) электромагнитного излучения в области видимого света. Поэтому слой и называется эмиссионным [1].

В данной работе были исследованы материалы для моделирования органического светодиода. В качестве материала анода обычно используется оксид индия, легированный оловом (ITO), в качестве катода –

металлы, такие как алюминий и кальций, а в качестве светоизлучающих материалов – низкомолекулярные органические вещества и полимеры.

В разрабатываемом проекте рассматривается светодиод с одним органическим слоем. Этот слой представляет собой органический материал МЕН-PPV. МЕН-PPV – довольно популярный материал для построения структуры OLED. Этот полимер был выбран для данной структуры, потому что он практичен в изготовлении OLED из-за его растворимости в обычных органических растворителях, в сочетании с низким рабочим напряжением для излучения света и относительно высокой эффективностью преобразования [2].

Для дальнейшего моделирования органического светодиода будут использоваться другие известные полимеры, такие как полифлуорен (PFO) и полистирол сульфонат (PEDOT: PSS). В данном случае PFO будет являться светоизлучающим полимером, а PEDOT: PSS-инжекционным.

Основное применение технология OLED находит при создании устройств отображения информации (дисплеев).

Одной из целей проекта является ознакомление с программным пакетом Silvaco TCAD. В описываемом программном продукте Silvaco TCAD есть несколько платформ, одной из которых является платформа Atlas. Платформа Atlas предоставляет возможности для двухмерного и трехмерного конструктивного моделирования полупроводниковых приборов. Платформа Atlas предназначена для работы с интерактивными инструментами, такими как DeckBuild, который работает в интерактивной среде выполнения программы, TonyPlot, который служит для анализа и построения графики.

Платформа Atlas представляет собой симулятор, основанный на физических принципах работы устройств. Симуляторы, основанные на физике работы устройств, производят расчет электрических характеристик, связанных с заданной физической структурой и степенью смещения. Следующий пример демонстрирует моделирование органического светодиода с одним органическим слоем в Silvaco TCAD.

Файл начинается с набора команд, которые определяют переменные, которым присваивается толщина слоев в синтаксис Atlas. Далее следует определение структуры OLED, таких как сетки, расположения электродов и легирование. Три слоя устройства состоят из МЕН-PPV полимерной пленки, зажатой между индий-олово-оксид (ITO) с покрытием стеклянной подложки и металла. ITO является анодом, а катодом является металл Ca-Al. В TONYPLOT происходит построение желаемых выходных характеристик, данные выходные характеристики задаются в программе [3]. На рис. 2 показано несколько полученных вы-

ходных характеристик, таких как люминесцентная мощность органического светодиода (слева) и зависимость плотности тока от электрического поля (справа).

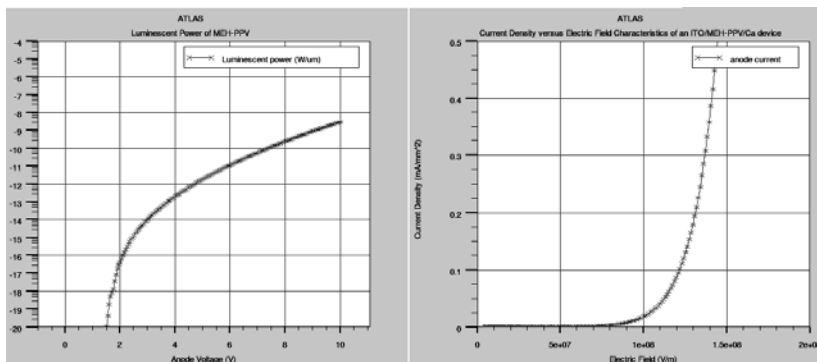


Рис. 2. Выходные характеристики светодиода с одним органическим слоем

ЛИТЕРАТУРА

1. *Органический* светодиод [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Органический_светодиод (дата обращения: 20.01.2015).
2. *MEH-PPV* [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.sigma-aldrich.com/catalog/product/aldrich/541443?lang=en®ion=RU> (дата обращения: 06.02.2015).
3. *Silvaco* [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.silvaco.com/> (дата обращения: 19.01.2015).

РЕЕСТР ОШИБОК В ПРОЦЕССЕ РАЗРАБОТКИ ПО ДЛЯ МК ФИРМЫ «МИЛАНДР»

К.Б. Петров, студент каф. ЭСАУ

*Научный руководитель Ю.Б. Шаропин, ст. преподаватель каф. ЭСАУ
г. Томск, ТУСУР, yshar@ngs.ru
Проект ГПО ЭСАУ-1402 «Разработка высоконадежных
встраиваемых систем на базе МК фирмы «Миландр»*

Основной задачей данного проекта ГПО является создание высоконадежных встраиваемых систем. Высокая надежность обеспечивается как на аппаратном, так и на программном уровне. В микроконтроллерах фирмы «Миландр» реализовано большое количество решений для повышения надежности работы [1, 2], но в процессе разработки неизбежно возникают определенные проблемы и трудности. Поэтому

очень важны регистрация, анализ и систематизация возникающих ошибок и проблем с целью их исправления.

В рамках проекта ГПО более года на кафедре ЭСАУ ведется работа по созданию реестра основных проблем и способов их решения на начальном этапе освоения микроконтроллеров (МК) фирмы «Миландр» архитектуры Cortex-M.

Для работы нами была выбрана среда разработки IAR Embedded Workbench, занимающая лидирующие позиции на рынке разработки высоконадежных встраиваемых систем. Данная среда является универсальной и поддерживает большинство вычислительных платформ для встраиваемых систем.

В ходе работы с МК фирмы «Миландр» самой первой и, пожалуй, главной трудностью являлась настройка среды IAR Embedded Workbench, которая, к сожалению, не поддерживает по умолчанию данные МК. По этой причине от момента установки IAR до запуска первого проекта необходимо произвести некоторый порядок действий:

1. Размещение необходимых файлов и библиотек, прилагаемых производителем в соответствующие директории среды разработки IAR.

2. Указание путей размещения необходимых библиотек в настройках проекта.

3. Настройка параметров компилятора.

4. Общая настройка проекта под данный МК.

Если для опытного пользователя большая часть настроек не вызывает вопросов, то для начинающих разработчиков это вызывает потерю большого количества времени на поиск решения возникающих проблем.

Следующей возможной трудностью является запуск и отладка проекта уже непосредственно на самом МК. Существуют разные способы записи программы на контроллер: через протоколы JTAG/SW, при помощи внутреннего загрузчика, позволяющего использовать COM-порт, протокол TCP IP и т.д. В нашем случае был использован интерфейс JTAG. Его преимуществом является то, что он позволяет производить трассировку программы, а также полностью поддерживается средой IAR. В ходе работы экспериментальным путем были выявлены некоторые особенности его применения и возможные ошибки при эксплуатации. Одним из примеров является сбой ПО контроллера JTAG, восстановление которого требует определенных навыков.

Далее была проделана работа по выявлению затруднений при выполнении лабораторного практикума, посвященных использованию языка Ассемблер, способам исследования кода с помощью встроенного дизассемблера, а также приемам написания эффективных (быстродействующих) программ [3].

В настоящий момент идет работа по изучению периферийных модулей МК «Миландр», а также библиотек компании «Фитон». Также в планах создание специального инсталлятора, который будет подготавливать среду IAR Embedded Workbench путем распаковки библиотек MDR32F9Qx Standard Peripherals Library в необходимые директории.

Заключение. Разрабатываемый реестр публикуется в системе отслеживания ошибок Redmine и со временем будет включен в методическое пособие по курсу «Микропроцессорные средства автоматизации и управления». Планируется, что данное пособие позволит охватить все этапы создания ПО для встраиваемых систем, а также даст возможность студентам существенно сэкономить время на начальном этапе обучения и в перспективе даст возможность освоить большее количество материала.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Шумилин С.* Новая серия отечественных 32-разрядных высокопроизводительных микроконтроллеров семейства 1986 на базе процессорного ядра ARM Cortex-M3 // Компоненты и технологии. 2008. № 10. 92 с.
2. *Шумилин С., Какоулин М.* Сбоеустойчивый микроконтроллер на базе ядра ARM Cortex-M4F для систем с повышенными требованиями надежности, разработанный ЗАО «ПМК Миландр» // Компоненты и технологии. 2013. № 12. 90 с.
3. *Недяк С.П., Шаропин Ю.Б.* Лабораторный практикум по микроконтроллерам семейства Cortex-M. Томск: ТУСУР, 2014. 110 с.

ДЕФИБРИЛЛЯТОР ДЛЯ НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ КАРДИОВЕРСИИ

Я.Н. Подскарбий, студент каф. КИБЭВС

*Научный руководитель Н.М. Федотов,
гл. конструктор ООО «Л.М.Э. «Биоток», к.т.н.
г. Томск, ТУСУР, fedotov@biotok.ru*

Электроимпульсное лечение фибрилляции предсердий сопровождается значительным болевым воздействием на пациента разряда электрического тока, который без применения наркоза пациент не переносит. Болевой порог кардиоверсии обычно определяется по энергии импульса [1]. Считают, что воздействие разрядов мощностью 0,01–0,5 Дж все больные переносят вполне удовлетворительно, а мощностью свыше 2,2 Дж практически никто из больных не переносит. Экспериментальные исследования по снижению энергий до значений ниже болевого порога показывают на возможность ее выполнения [2]. Широкому проведению исследований препятствует отсутствие специализированных дефибрилляторов, а также специальных электродных систем.

Цель. Разработка внешнего блока дефибриллятора для проведения клинико-экспериментальных исследований по низкоэнергетической эндокардиальной кардиоверсии последовательностями электрических импульсов с энергиями ниже порога.

Материалы и методы. Анализ публикаций по кардиоверсии и дефибрилляции с целью определения минимальных эффективных уровней энергий, используемых в клинической практике, показал, что для наружной кардиоверсии и дефибрилляции используют энергии до 360 Дж (в среднем около 200 Дж – это значение использовано в дальнейших расчетах), для эндокардиальной – в среднем 7 Дж [3]. Согласно теоретическим расчетам, проводимых группой исследователей [4], выяснено, что для подавления непосредственно очагов фибрилляции предсердий необходима энергия, которая значительно меньше энергии, подаваемой с внешних дефибрилляторов. Требуемое количество энергии лежит в пределах болевого порога человека, т.е. при воздействии низкоэнергетических импульсов пациенту в меньшей степени будет нанесен вред.

Структурная схема дефибриллятора представлена на рис. 1.

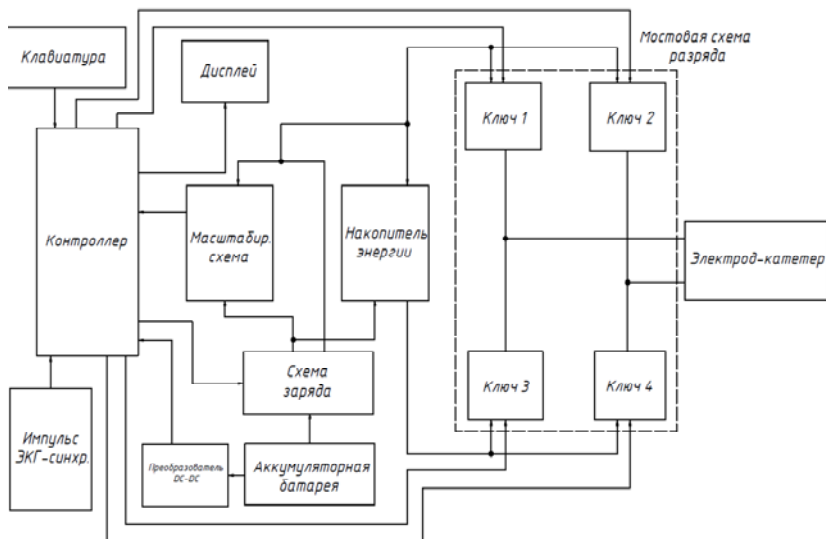


Рис. 1. Структурная схема дефибриллятора

К основным блокам относятся схема заряда, мостовая схема переключения, контроллер управления, источник питания, устройства ввода-вывода, масштабирующая схема, а также непосредственно накопитель заряда.

В качестве накопителя заряда во внешних дефибрилляторах используются конденсаторы большой емкости. В варианте низкоэнергетической кардиоверсии для подавления аритмии применяются импульсы с энергиями от 0,8 до 1,2 Дж. Однако при проведении кардиоверсии могут потребоваться разряды с энергией, превышающей данные значения. Для эндокардиальной кардиоверсии эта энергия импульса не превышает 50 Дж.

Выходная H-образная мостовая схема служит для формирования двухфазных импульсов дефибрилляции, т.к. форма импульса дефибрилляции должна быть биполярной, несимметричной, для перезаряда виртуальной мембраны миоцита.

Схема включает в себя четыре плеча, каждое из которых представляет собой ключ. Мостовая схема При дефибрилляции биполярным импульсом в течение первой фазы волны H-мост подсоединяет два вывода конденсатора к полюсам электрода. В конце первой фазы данное соединение разрывается и происходит переключение полярности электродов к выводам конденсатора, тем самым получая отрицательную фазу импульса.

Большую роль в успехе дефибрилляции имеет форма, длительность как импульса в целом, так и длительность отдельных его фаз. Электрический импульс дефибриллятора должен создать пороговую плотность тока в миокарде не менее 400 А/м^2 , длительность биполярного импульса не должна превышать 10 мс (рис. 2).

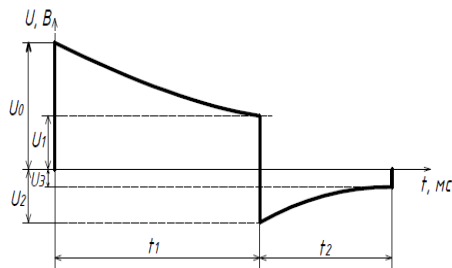


Рис. 2. Биполярный импульс дефибрилляции

Заключение. Разработана структурная схема дефибриллятора для проведения низкоэнергетической кардиоверсии. Проведены расчеты основных параметров дефибриллятора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Dosdall D.J., Ideker R.E. Intracardiac atrial defibrillation // Heart Rhythm. 2007. Vol. 4(3 Suppl). P. 51–56.
2. Li W., Janardhan A.H., Fedorov V.V., Sha Q., Schuessler R.B., Efimov I.R. Low-energy multistage atrial defibrillation therapy terminates atrial fibrillation with less energy than a single shock // Circ Arrhythm Electrophysiol. 2011. Vol. 4(6). P. 917–925.

3. Бокерия Л.А., Базаев В.А., Меликулов А.Х. и др. Электрическая кардиоверсия при фибрилляции предсердий: показания и выбор оптимального метода // *Анналы аритмологии*. 2005. № 3. С. 18–25.

4. Федотов Н.М., Подскарбий Я.Н., Машуков А.М. и др. Интраоперационное устройство для безболевого кардиоверсии: Научная сессия ТУСУР–2013: Проектирование биомедицинской электроники. Томск: ТУСУР, 2013.

ПУЛЬТ УПРАВЛЕНИЯ УСТАНОВКОЙ ОБРАБОТКИ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

А.И. Радостев, студент каф. КИБЭВС

*Научный руководитель Л.А. Торгонский, доцент каф. КИБЭВС, к.т.н.
г. Томск, ТУСУР, alexandrardostev@gmail.com*

Пульт управления (ПУ) предназначен для управления установкой химической обработки печатных плат (ПП). Химическая обработка предусматривает три позиции (травление, промывка, сушка). Исходя из анализа установки [1], на ПУ накладываются следующие требования к составу:

- клавиатура, с помощью которой формируются управляющие воздействия на передвижение ПП, включение/выключение вентилятора, начало/окончание работы и установка времени травления;
- дисплей, с помощью которого будет происходить отображение необходимой информации для оператора;
- звуковая сигнализация в случае аварийных ситуаций;
- средства подключения.

Общий вид панели управления представлен на рис. 1. Клавиатура состоит из набора необходимых кнопок для управления установкой. Дисплей отображает необходимую информацию для оператора. Звуковой излучатель служит для оповещения аварий. Для реализации функций кнопок, управления отображения на дисплее и звука применяется микропроцессорное устройство. В качестве модуля микропроцессорного управления решено было использовать стенд SDK 1.1 [2], в котором имеются клавиатура на 16 клавиш, дисплей и звуковой излучатель.

В установке предусмотрены три режима работы:

- автоматический;
- ручной;
- настройка.

В ручном режиме с помощью кнопок координат «x, y, z» и направления «←, →» управляется транспорт. Инициация движения происходит, пока оператор непрерывно держит одну из кнопок направле-

ния. Включать/выключать вентилятор при необходимости можно кнопкой «Вент».

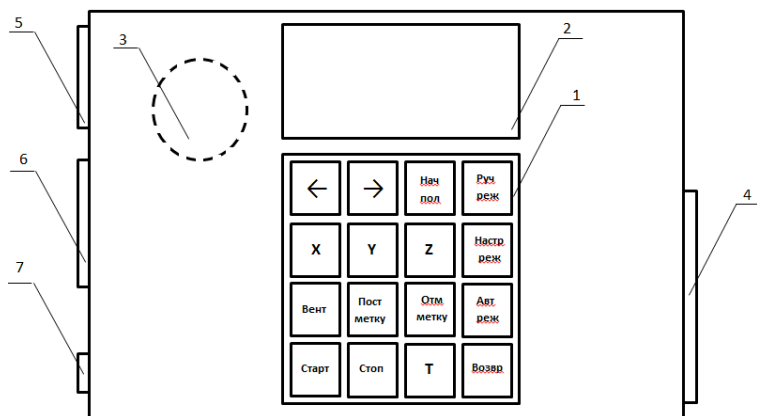


Рис. 1. Пульт управления: 1 – клавиатура; 2 – дисплей; 3 – динамик; 4 – разъем для связи с электроприводом; 5 – разъем для связи с персональным компьютером; 6 – разъем для связи с датчиками; 7 – разъем питания

Режим «Настройка» обеспечивается кнопками «Пост. метку / Отм. метку». Эта функция фиксирует местонахождение контейнеров, она необходима, если контейнеры смещены. Дополнительно при режиме настройки кнопкой «Т» можно изменять время травления, сушки и промывки. Время этапов химической обработки настраивается только до начала работы, в процессе обработки ПП изменять его нельзя.

В автоматическом режиме при подготовленной к работе установке пульт управления отобразит на дисплее знак готовности и выведет приглашающее сообщение. Инициация движения происходит однократным нажатием кнопки «Старт». Во время транспорта ПП на дисплее отображается соответствующий символ, что ПП движется на одну из позиций химической обработки. Во время химической обработки ПП отображается знак, который показывает позицию, в которой находится ПП. В случае аварии установка останавливает работу и оповещает оператора звуковой сигнализацией. Дальнейшее развитие может происходить в двух направлениях: либо однократно нажать кнопку «Старт», и работа продолжится, либо кнопкой «Стоп» остановить процесс и отложить работу до устранения неполадок. Дополнительно при автоматическом режиме кнопкой «Нач. пол.» возвращается ПП в начальное положение.

Установка находится в процессе ознакомления работы с модулем SDK 1.1 [2], разработан драйвер для опроса кнопок клавиатуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Установка* химической обработки печатных плат: матер. Всерос. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР–2014». Электронный ресурс: http://www.tusur.ru/export/sites/ru.tusur.new/ru/science/events/session/2014_3.pdf
2. ООО «ЛМТ». Учебный стенд SDK 1.1: руководство пользователя. 2001. С. 1–99.

АЛГОРИТМ ДИСКРИМИНАЦИИ АРИТМИИ ИМПЛАНТИРУЕМОГО КАРДИОВЕРТЕРА-ДЕФИБРИЛЛЯТОРА

А.С. Семёнов, студент каф. КИБЭВС

*Научный руководитель Н.М. Федотов, зав. лаб.
безопасных биомедицинских технологий ЦТБ ТУСУР, к.т.н.
г. Томск, ТУСУР, sas@biotok.ru*

К фатальным нарушениям ритма сердца (аритмии) относится фибрилляция желудочков (ФЖ). Такое серьезное нарушение ритма приводит к внезапной остановке сердца и требует неотложной кардиологической помощи. Большая распространенность синдрома внезапной сердечной смерти заставила ученых и кардиологов искать новые подходы к лечению сердечно-сосудистых заболеваний, в частности, создавать новые технологии, позволяющие спасать жизнь пациентам. Единственной эффективной методикой в профилактике жизнеугрожающих аритмий на сегодняшний день является имплантация кардиовертеров-дефибрилляторов. Стоимость одного устройства варьируется от 12 до 25 тысяч долларов США [1].

Наиболее крупными иностранными производителями ИКД являются такие компании, как «BIOTRONIK» (Германия) и «MEDTRONIC» (США). В России производятся только электрокардиостимуляторы (ЭКС), производство имплантируемых кардиовертеров-дефибрилляторов (ИКД) пока не налажено. Однако потребность в их использовании в российских клиниках остаётся, и врачи вынуждены применять устройства зарубежного производителя, стоимость которых оплачивают пациенты.

Целью работы является разработка алгоритма работы имплантируемого кардиовертера-дефибриллятора (ИКД) для лечения нарушений ритма сердца (аритмий).

Результат исследования. В результате изучения принципов работы ИКД был разработан алгоритм эффективной дискриминации аритмии (рис. 1). За основу был взят алгоритм, изложенный в патенте

«Implanted medical device – Mollerus, Michael E» [2]. Данный алгоритм был усовершенствован и адаптирован для обнаружения и различных видов аритмий.

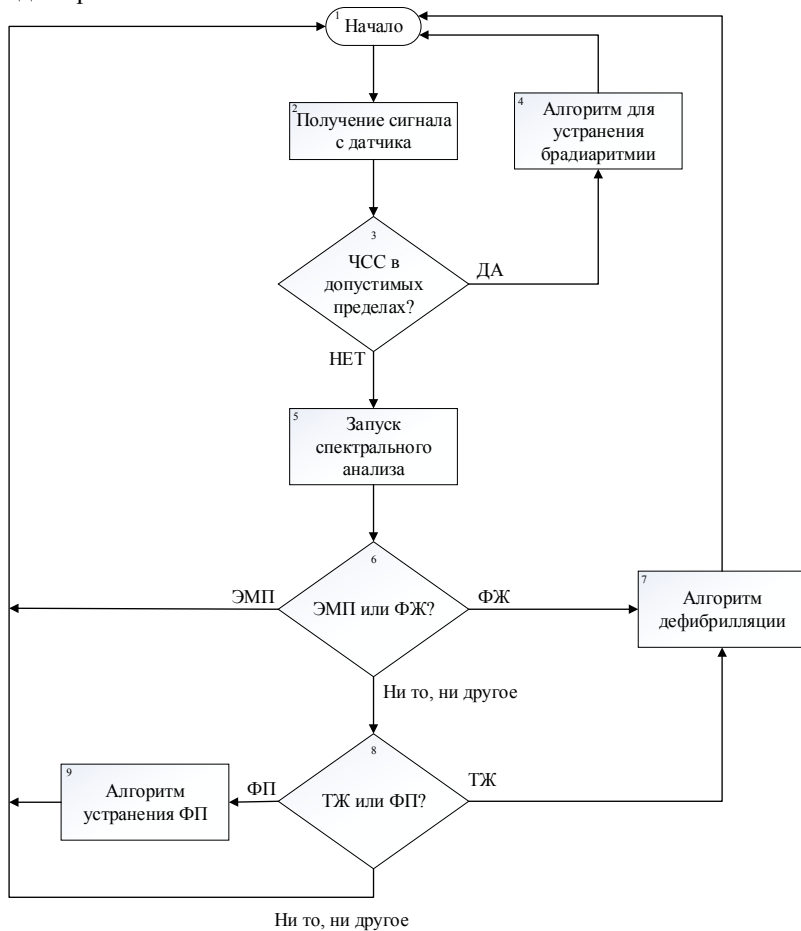


Рис. 1. Блок-схема алгоритма дискриминации аритмии:

ЧСС – частота сердечных сокращений; ЭМП – электромагнитная помеха;

ФЖ – фибрилляция желудочка; ФП – фибрилляция предсердия;

ТЖ – тахикардия желудочка

На этапе 1 ИКД считывает показания с датчиков и работает в соответствии с параметрами, заданными врачом. На этапе 2 подтверждается наличие сигнала на проводах при помощи усилителя, если в полосе пропускания присутствует достаточное количество энергии, про-

грамма переходит к следующему шагу. На этапе 3 проверяется, находится ли ЧСС в заданных пределах. Например, если ЧСС соответствует нормальному ритму сердца (60–120 ударов в минуту), то программа переходит на этап 4, на котором, если подтверждается наличие брадикардии, включается алгоритм устранения брадикардии, после выполнения которого программа возвращается на этап 1 и алгоритм повторяется. Если у пациента обнаруживается высокая ЧСС, программа переходит на этап 5, на котором включается спектральный анализ электрограмм, полученных от сердца. После этого программа переходит на этап 6, на котором используются частотные преобразования Фурье и вейвлет-анализ для исключения ложного срабатывания ИКД от ЭМП. В случае, если на данном этапе подтвердилась ФЖ, программа переходит на этап 7, на котором выполняется алгоритм дефибрилляции, суть которого заключается в преобразовании сигнала в частотной области и измерении его характеристик, таких как третья гармоника энтропии Шеннона. Данная методика позволяет обнаружить ЭМП и ФП, исключив тем самым ФЖ и ТЖ и отменив подачу высокоэнергетических импульсов. По завершении данного алгоритма программа возвращается на этап 1. Если ФЖ не подтвердилась, программа переходит на этап 8, если на данном этапе подтверждается ТЖ, программа переходит на этап 7, в случае если подтверждается ФП, то программа переходит на этап 9, на котором запускается алгоритм устранения ФП, после выполнения которого программа возвращается на этап 1. Если ничего из вышеперечисленного не подтвердилось, программа также переходит на этап 1.

Закключение. В отличие от других российских разработок, разрабатываемое устройство будет совмещать в себе кардиовертер и дефибриллятор, как у зарубежных аналогов, т.е. будет возможность купировать фибрилляцию как предсердий, так и желудочков.

Благодаря разработанному алгоритму дискриминации аритмии проектируемый ИКД будет эффективно распознавать и устранять любые виды аритмий.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Имплантация кардиовертеров-дефибрилляторов (ИКД) в МКДЦ* [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://vestnik.icdc.ru/index.php/icdc/329-implantatsiya-kardioverterov-defibrillyatorov-ikd-v-mkdts>
2. *Implanted medical device* – Mollerus, Michael E [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.freepatentsonline.com/y2010/0049267.html>

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ МЕТАНОВОГО ТУРБОАГРЕГАТА М-2

Д.Р. Уразяев, студент каф. КИБЭВС

*С.В. Красильников, начальник отдела проектирования АСУТП НХП
г. Томск, ТУСУР, urazayev.damir@gmail.com*

Автоматизированная система управления предназначена для контроля, управления и противоаварийной автоматической защиты турбоагрегата М-2 производства этилена [1].

Цель. Разработка схемы автоматизации газовой обвязки турбоагрегата М-2 производства этилена.

Объект автоматизации. Метановый турбоагрегат М-2 цеха компримирования и разделения пирогазов предназначен для компримирования метана низкого давления этиленовой установки, поступающего из теплообменника Т-40 газоразделения от 0,005 МПа (0,05 кгс/см²) до 0,65 МПа (6,5 кгс/см²). Метановый турбоагрегат М-2 является технологическим блоком II категории взрывоопасности. Проектная мощность установки – 9800 нм³/ч. Приводом турбокомпрессора служит паровая турбина конденсационного типа [2].

Турбоагрегат состоит из следующих узлов:

- паровой турбины конденсационного типа, включая валоповоротное устройство.

- турбокомпрессора двухступенчатого;
- системы пара и конденсата;
- системы смазочного и регулирующего масла;
- системы охлаждения;
- системы воздуха КИП;
- системы подачи азота в уплотнения турбоагрегата;
- электроприводов задвижек;
- регулирующих клапанов.

АСУ ТП газовой обвязки турбоагрегата М-2 осуществляет регистрацию следующих параметров:

- давления на линии нагнетания турбокомпрессора;
- температуры метана на линии нагнетания турбокомпрессора после холодильников;
- давления воздуха КИП;
- давления уплотнительного азота.

Система АСУ ТП построена на базе распределенной системы управления Delta V компании Emerson Process Management AG и представляет собой контроллерное оборудование, систему ввода/вывода,

искробезопасные барьеры, терминальный комплекс, в состав которого входят: рабочая станция оператора и рабочая станция начальника смены.

Формирование аналоговых и дискретных сигналов осуществляется полевыми датчиками. Аналоговые сигналы от термоэлектрических преобразователей поступают на преобразователи термопар НІD 2061, НІD 2062, преобразуются в сигнал (4–20) мА, поступают на платы аналогового ввода, обрабатываются процессором и через сетевое оборудование передают информацию на рабочие станции.

Управление задвижками и сбор информации о состоянии привода и задвижки происходит по последовательному порту RS-485. Управление особо ответственными задвижками дублируется дискретными сигналами, что обеспечивает повышенную надежность управления.

Заключение. На основе технологической схемы газовой обвязки была разработана схема автоматизации газовой обвязки турбоагрегата М-2 производства этилена.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Проект «Замена пневматических приборов и линий связи от датчиков до ЦПУ.*

2. *Техническое задание на автоматизированную систему управления технологическим процессом (АСУ ТП) и противоаварийной автоматической защиты (ПАЗ) метанового турбоагрегата М-2 производства этилена.*

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ ДЛЯ КУСТОВ СКВАЖИН НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

П.К. Звеглянич, студент каф. КИБЭВС

г. Томск, ТУСУР, zveglyanich@gmail.com

Автоматизированная система управления предназначена для обеспечения автоматизации основных операций технологических процессов, а также ради эффективной защиты и своевременной их остановки при угрозе аварии для дальнейшей локализации по заданным алгоритмам [1]. Основными задачами системы являются накопление, хранение и обработка информации по добыче, транспортировке, сбору нефти, а именно: отображение текущих значений, обеспечение контроля за технологическими параметрами и оборудования, регистрация всех результатов операций управления, которые совершаются оператором, и др.

Цель. Разработка структурной схемы комплекса технических средств автоматизированной системы управления технологическими процессами для двух кустов скважин нефтяного месторождения на основе технического задания от заказчика.

Материалы и методы. Основным техническим средством системы автоматизации кустовой площадки является терминальный контроллер.

Терминальный контроллер (далее – ТК) – интеллектуальное устройство, обладающее развитыми функциональными и программными возможностями, построенное на базе высокоскоростного процессора. Контроллер выполнен на современной элементной базе, имеет встроенное коммутационное поле для подключения широкого спектра внешних устройств и устанавливается в шкаф телемеханики. Для связи с верхним уровнем могут использоваться различные подключения [2]. К его основным функциям относятся:

- съем сигналов с дискретных и аналоговых датчиков;
- регистрация аварийных и предаварийных состояний;
- контроль состояния технологического объекта;
- подача сигналов телеуправления на исполнительные механизмы;
- хранение собранных данных, передача данных на верхний уровень;
- обмен данными с интеллектуальными устройствами;
- увеличение количества входных/выходных сигналов при подключении модулей расширения;
- взаимодействие с диспетчерскими пунктами;
- сбор данных на автоматизированное рабочее место оператора.

Источниками информации для ТК являются датчики технологических параметров. Приёмниками информации от контроллера являются исполнительные механизмы технологического оборудования.

Для обеспечения ТК необходимым питанием 12 В в шкафу телемеханики необходимо предусмотреть установку источника питания, а гарантированное питание шкафа ТМ обеспечивается источником бесперебойного питания ИБП, который способен автономно питать средства автоматизации в течение 1 ч.

К основным пунктам структурной схемы относятся блоки измерительной установки для каждой кустовой площадки.

Измерительная установка (далее – ИУ) состоит из блока технологического и блока аппаратного. ИУ оснащается локальной системой управления (далее – ЛСУ) в объеме блочной поставки. ЛСУ обеспечивает:

- измерение и контроль основных технологических параметров работы блока;
- выдачу команд управления на исполнительные механизмы (в случае возникновения нештатной ситуации) для перевода в безаварийное состояние;
- сигнализацию нарушения регламентного режима работы блока;

- обмен данными с системой автоматизации вышестоящего уровня по цифровому протоколу.

Локальная система управления установки измерительной массового метода измерений (далее – УИ) выполнена на базе терминального контроллера ТК16L.10, установленного в шкафу телемеханики. ЛСУ УИ размещается в шкафу управления УИ. Сенсорная панель размещается на двери шкафа управления УИ и предназначена для визуализации технологического процесса. Все оборудование ЛСУ поставляется в комплекте с УИ.

Система позволяет получать оперативную информацию о технологических параметрах нефти в процессе ее добычи и транспортировки, передавать и обрабатывать ее, сохранять в память контроллера в случае потери связи с автоматизированном рабочим местом (далее – АРМ). Информация отправляется на АРМ диспетчера через волоконно-оптические линии и беспроводные каналы связи для дальнейшей ее обработки и хранения. Все контролируемые значения передаются на экран АРМ диспетчера в виде мнемосхем технологических процессов, что позволяет диспетчеру проанализировать состояние скважин и различного оборудования.

Заключение. Разработана структурная схема комплекса технических средств автоматизированной системы управления технологическими процессами для двух кустов скважин нефтяного месторождения.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Нестеров А.Л.* Проектирование АСУТП: методическое пособие. Московское отделение, 2006.

2. *Документация* на продукцию ЗАО «НПФ Прорыв». Контроллер терминальный ТК16L.10 [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.proryv.com/files/doc/TK16L10_UserManual.pdf (дата обращения: 27.02.2015).

СЕКЦИЯ 18

МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ. ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

*Председатель секции – Шелупанов Александр Александрович,
ректор ТУСУРа, директор Института системной интеграции
и безопасности, председатель правления Томского
профессорского собрания, д.т.н., проф.;*
*зам. председателя – Конев Антон Александрович,
доцент каф. КИБЭВС, к.т.н.*

ФИНАНСОВЫЕ МОШЕННИЧЕСТВА С БАНКОВСКИМИ КАРТАМИ

*Л.И. Алексеева, О.П. Маркова, студентки каф. КИБЭВС
Научный руководитель Е.А. Кузьмина, доцент каф. КИБЭВС, к.т.н.
г. Томск, ТУСУР, 04ila0894@rambler.ru
Проект ГПО КИБЭВС-1503 «Защита прав потребителей
на рынке финансовых услуг»*

По данным исследования, проведенного НАФИ в феврале 2015 г., у подавляющего большинства россиян (73%) есть банковские карты, и примерно у трети – их две и более. В то же время активно растет число финансовых мошенничеств с банковскими картами [4].

Несмотря на бесконечные рекомендации специалистов, статистика ущерба от мошеннических схем с банковскими картами в нашей стране только усугубляется. В настоящее время Россия занимает 4-е место в Европе по уровню ущерба от финансовых мошенничеств. Так в России в 2013 г., по данным Центрального банка РФ, ущерб от карточного мошенничества составил 4,6 млрд рублей. Но можно предположить, что это лишь малая часть тех средств, которые присвоили себе мошенники, так как не все люди признаются в том, что попались на «крючок», и не сообщают об этом полиции или банку. За прошедший год он увеличился на 28%, за 2010–2013 гг. – втрое (рис. 1) [2].

Также под серьезным «ударом» находятся электронные кошельки. Дело в том, что проблемные моменты таких сервисов – это обратная сторона успеха подобных систем. Легкость совершения платежей, возможность создания анонимных кошельков и общая слабая привязка кошельков к реальности позволили мошенникам придумать особые методы отъема денег. Ведь, в отличие от пластиковых карт, где для

вывода средств необходимо выстраивать целую инфраструктуру с заведением, как минимум, банковского счета и идентификацией его владельца, с электронными валютами делать это не обязательно. Кроме того, в отличие от услуг банков, совершенную транзакцию в электронном кошельке отменить или опротестовать практически невозможно. В настоящее время существует порядка десятка популярных платежных систем, не говоря еще об их не менее известных конкурентах. Таких как WebMoneyTransfer, QIWI, Яндекс.Деньги, PayPal и др.

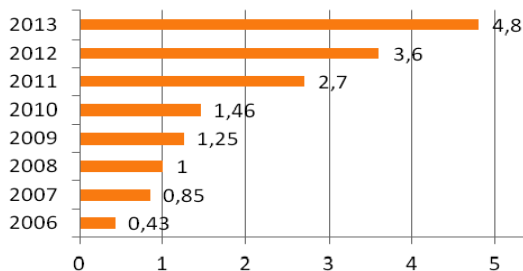


Рис. 1. Ущерб России от карточного мошенничества, млрд рублей (2006–2013 гг.)

На настоящий момент существует более 15 схем по краже средств с банковских карт, перечислим самые распространенные из них:

1) скимминг – устройство для считывания данных карты (предполагает установку на банкомат);

2) ливанская петля, или помощь прохожего, – в банкомат устанавливается устройство блокирующее карту, для того чтобы карту вытащил злоумышленник, используется небольшой отрезок фотопленки. Человек теряется, безуспешно пытаясь извлечь свою карту. И тут ему на помощь приходит «добрый» мошенник. В процессе «помощи» он будет нажимать разные кнопки. Растерянный человек обычно легко соглашается на введение пин-кода, который и запоминает преступник;

3) «магазинные» мошенники – при оплате покупки в магазине вполне возможно, что данные вашей карты будут считаны и зафиксированы специальным ручным скиммером, а впоследствии использованы для хищения денег;

4) фишинг – злоумышленники рассылают пользователям электронные письма, в которых от имени банка сообщают об изменениях, якобы производимых в системе его безопасности. При этом аферисты просят доверчивых пользователей возобновить информацию о карте, в том числе указать номер «кредитки» и ее ПИН-код;

5) мошенничество с помощью телефона – предполагает звонки на сотовые телефоны граждан от «представителей» банка с просьбой погасить задолженность по кредиту. Когда гражданин сообщает, что кредита он не брал, ему предлагается уточнить данные его пластиковой карты.

Центральный банк РФ разработал проект, предполагающий уголовную ответственность за установку скиммингового оборудования. Также в подготовленном проекте предусмотрен обмен информацией между кредитными органами, что позволит банкам оперативно выстраивать защитную политику.

Но одних законопроектов будет недостаточно, так как чтобы не попасться в «руки» правосудия, мошенники придумают еще более изощренные методы для легкого обогащения.

В первую очередь нужно повысить финансовую грамотность и проинформировать о мерах предосторожности для защиты своих денег все возрастные группы населения. В настоящее время в рамках регионального проекта повышения финансовой грамотности населения Томской области ведется совместная работа по созданию сайта-консультанта по защите прав потребителей на рынке финансовых услуг.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Карточное* мошенничество в России [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.banki.ru/>
2. *Защита* прав потребителей финансовых услуг и инвесторов [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.cbr.ru/>
3. *Практическое* мышление. Психология мошенничества: учеб. пособие [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.humanism.ru/thinking10.htm>
4. *Мошенничество* с банковскими картами: информированность и динамика [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://nacfin.ru/>

АНАЛИЗ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАДИОЧАСТОТ В РАМКАХ ЗАДАЧ ЗАЩИТЫ ПЭМИ ОТ ПЕРЕХВАТА

Д.А. Антипов, ассистент каф. КИБЭВС

*Научный руководитель А.А. Шелупанов, профессор каф. КИБЭВС, д.т.н.
г. Томск, ТУСУР, ada@keva.tusur.ru*

С развитием техники изменения претерпевают и стандарты связи: частоты повышаются, к протоколам передачи информации предъявляются новые требования. Особенно остро стоит проблема защиты от перехвата ПЭМИ, излучаемых ОТСС и ВТСС. Рост частот влечёт за собой не только изменение частотных характеристик средств защиты информации, но и функциональное их наполнение. По большей части это связано с санитарными требованиями, ограничивающими мощность излучения. В данной работе будут рассмотрены основные частоты электромагнитных сигналов, возникающих в оборудовании при работе с информацией, а также сделан краткий обзор существующих СЗИ, подходящих по своим характеристикам как можно ближе к акту-

альным нуждам ЗИ. Принимая во внимание невозможность покрыть шумом весь требуемый диапазон частот, выберем иную тактику: если есть вероятность того, что относительно выбранного эталона частоты (например, рабочей частоты процессора) будут флуктуации, тогда необходимо расширить спектр шума на необходимый диапазон, если же речь идёт о конкретной полосе частот, тогда не будем генерировать шум на частотах за её пределами. Эти два возможных случая будем называть «нестабильными» и «стабильными».

При рассмотрении ПЭМИ от ОТСС оказывается, что самое сильное излучение исходит от следующих компонентов компьютера: монитор (порядок – десятки МГц), жёсткий диск (для SATA 2.0 – 3 ГГц, для SATA 3.0 – 6 ГГц) и процессор (частота работы для разных типов колеблется от 1,4 до 4,4 ГГц). Соответственно, частоты работы монитора и процессора можно называть «нестабильными», а частоту работы интерфейса SATA – «стабильной».

Для мобильной связи характерны частоты: 900 МГц (2G – GSM 900), 1800 МГц (2G – DCS 1800), 1900 МГц (3G – CDMA), а для сетей 4-го поколения (LTE) – от 1,4 до 20 ГГц, но на практике самые популярные частоты для LTE это 800 МГц, 2,6 и 1,8 ГГц. Все данные сигналы имеют полосу частот шириной в среднем 30 МГц. Все сигналы мобильной связи можно отнести к «стабильным».

У Wi-Fi тоже существуют жёстко закреплённые частоты. Для стандарта IEEE 802.11b это каналы в диапазоне от 2,4 до 2,5 ГГц, а для IEEE 802.11a ещё шире – от 5,15 до 5,84 ГГц. К этой же категории радиосвязи можно отнести и технологию Bluetooth, чья центральная частота 2,4 ГГц. Стоит отметить, что у этой технологии предусмотрено перекрытие сетей разных технологий по частотам, например, Bluetooth может взаимодействовать с мобильными сетями.

Можно сделать вывод по сказанному выше: сигналы частот выше 0,8 ГГц имеют узкий спектр, но разбросаны в широком диапазоне. Нерационально генерировать электромагнитный шум во всём диапазоне этих сигналов, достаточно лишь перекрыть их локальные спектры. Но стоит проблема работы с «нестабильными» сигналами – например, частота процессора может колебаться в широких пределах. В таких случаях необходимо стараться как можно сильнее сузить этот диапазон частот

Частоты генерации некоторых генераторов электромагнитного шума

Название	Полоса генерации
ПРП-2500ВА	0,1–2500 МГц
РИАС-1ГМ	10 кГц – 2500 МГц
ГШ-2000	0,1–2000 МГц
ГШ-К-1800	0,1–1800 МГц

(например, запретить смену частоты работы процессора).

Сравним некоторые модели генераторов электромагнитного шума по основным параметрам (таблица).

Самые высокие показатели – 2,5 ГГц. Учитывая то, что эти генераторы отвечают требованиям ГОСТа, при этом дальнейшее увеличение диапазона затруднительно.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Заседание ГКРЧ* от 10 февраля 2015 года (протокол №15-30) // Минкомсвязь России [Электронный ресурс]. URL: <http://minsvyaz.ru/ru/documents/4512/> (дата обращения: 07.03.2015).

2. *Генераторы электромагнитного шума* // Техника для спецслужб [Электронный ресурс]. URL: <http://www.bnti.ru/index.asp?tbl=04.03.04.01>. (дата обращения: 08.03.2015).

3. *Технологии беспроводной передачи данных ZigBee, BlueTooth, Wi-Fi* // Беспроводные технологии [Электронный ресурс]. URL: http://wireless-e.ru/articles/bluetooth/2006_1_10.php (дата обращения: 09.03.2015).

КРИПТОГРАФИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ СПЕЦИАЛЬНЫХ КАНАЛОВ СВЯЗИ

А.С. Белов, студент

Научный руководитель Б.И. Филиппов, доцент каф. ЗИ, к.т.н.

г. Новосибирск, НГТУ, filippov-boris@rambler.ru

Каналы связи специального назначения – сети связи, предназначенные для нужд органов государственной власти, нужд обороны страны, безопасности государства и обеспечения правопорядка [1]. Данное определение подразумевает, что по специальным каналам связи передается информация ограниченного доступа, в том числе сведения, составляющие государственную тайну. По данной причине для защиты информации, передающейся по специальным каналам связи, требуется использование криптографических средств защиты.

Криптография – процесс преобразования открытых данных в зашифрованный текст.

В настоящее время существуют следующие виды криптоалгоритмов:

1. Тайнопись – способ преобразования информации в секретную форму по алгоритму, известному только отправителю и получателю.

2. Криптосистемы с ключом (шифрование) – преобразования открытого текста в зашифрованный при помощи однозначно сопоставимого числа, называемого ключом.

Алгоритмы с ключом подразделяются на симметричные и асимметричные. При этом в симметричном алгоритме для зашифровки и расшифровки сообщения используется один и тот же ключ. В асимметричном – для зашифровки сообщения используется один ключ, который известен всем и называется открытым, а для расшифровки ис-

пользуется так называемый закрытый ключ, имеющийся только у получателя [2].

Кроме того, все методы шифрования можно разделить на два класса:

1) схемы, стойкость которых основана на том, что дешифрование без ключа возможно, но для этого требуется перебор очень большого количества вариантов;

2) схемы, принципиально не вскрываемые.

Рассмотрим системы второго типа – системы с совершенной секретностью:

Пусть $M = \{M_1, M_2, M_3, \dots, M_m\}$ – множество всех возможных сообщений, $K = \{K_1, K_2, K_3, \dots, K_n\}$ – множество всех возможных ключей, $E = \{E_1, E_2, E_3, \dots, E_k\}$ – множество всех зашифрованных сообщений. Зашифрованные сообщения зависят от исходного сообщения и ключа $E_j = f(M_i, K_i)$.

Будем считать, что на всем множестве сообщений M задано распределение вероятностей P , т.е. определены вероятности $P(M_i)$, $i = 1, 2, \dots, m$. Это априорное распределение вероятностей, которое известно и противнику. Запись вида $P(A|B)$ будет обозначать условную вероятность события A при условии наступления события B .

Тогда криптосистема называется совершенно секретной, если выполняется равенство $P(M_i|E_j) = P(M_i)$ при всех M_i , K_i и $E_j = f(M_i, K_i)$. Для совершенной криптосистемы справедливо и следующее равенство: $P(E_j|M_i) = P(E_j)$ для всех i и j .

То есть перехваченная криптограмма без знания ключа не содержит никакой информации о переданном сообщении, а значит, совершенно бесполезна [3].

Одним из представителей совершенно секретной криптосистемы является шифр Вернама. Этот шифр был предложен в 1926 г. американским инженером Гилбертом Вернамом и использовался на практике для защиты правительственной связи, но доказательство его невскрываемости было получено значительно позже К. Шенноном. Для шифра Вернама часто используются названия «одноразовая лента» или «одноразовый блокнот». Алгоритм шифрования основан на побитовом сложении открытого текста со случайной двоичной последовательностью – ключом.

Однако для того, чтобы шифр Вернама был совершенным, необходимо, чтобы длина ключа была равна длине сообщения и ключ должен быть истинно случайным. А значит, для использования данного шифра очень важную роль играет получение случайных чисел.

Для решения данной задачи применяются различного рода генераторы псевдослучайных чисел.

Криптографически стойкий генератор псевдослучайных чисел должен удовлетворять следующим требованиям: во-первых, генерируемая последовательность должна быть статистически неотличима от абсолютно случайной и, во-вторых, последовательность должна быть непредсказуемой (знание начальной последовательности не должно позволять предсказать следующий символ этой последовательности).

В таблице приведены результаты расчетов оценки генераторов псевдослучайных чисел на равномерность, независимость и стохастичность.

**Результаты тестирования последовательностей
при проверке на равномерность, независимость и стохастичность**

Схема формирования ПСП	Отклонение от распределения случайной последовательности, %		
	Равномерность	Случайность	Стохастичность
Фибоначчи	0,27	1,34	4,85
Галуа	0,46	2,29	4,18
RC4	0,21	1,27	2,91

Основываясь на полученных данных, можно сделать вывод о том, что качество генератора ПСЧ RC4 практически в 2 раза выше качества генераторов, основанных на регистрах сдвига с линейной обратной связью, т.е. он вырабатывает в 2 раза меньше «плохих» последовательностей.

Закключение. Шифрование – один из немногих способов защиты информации, передаваемой по выделенным каналам связи. На данный момент существует множество методов шифрования, но ни один из применяемых на практике не является абсолютно криптостойким.

Шифр Вернама обладает исключительной криптостойкостью, но при больших объемах информации появляется возможность криптоанализа. Анализ показал, что из рассмотренных алгоритмов наиболее криптостойким является RC4. Его можно использовать, например, для шифрования коммерческих каналов связи, а для выделенных каналов необходимо использовать более сложные алгоритмы, что и будет рассмотрено в дальнейшем.

ЛИТЕРАТУРА

1. *О связи*: Федеральный закон от 07.07.2003 г. № 126-ФЗ: принят Государственной думой 18 июня 2003 г.: одобрен Советом Федерации 25 июня 2003 г. [Электронный ресурс] // Справочно-правовая система «Консультант-Плюс». URL: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=168320> (дата обращения: 01.03.2015).
2. *Баричев С.Г.* Основы современной криптографии / С.Г. Баричев, В.В. Гончаров, Р.Е. Серов. М.: Горячая линия – Телеком, 2011. 176 с.

3. *Рябко Б.Я.* Криптографические методы защиты информации / Б.Я. Рябко, А.Н. Фионов. М.: Горячая линия – Телеком, 2005. 229 с.

4. *Колесова Н.А.* Оценка качества генераторов последовательностей случайных чисел / Н.А. Колесова // Вестник АГТУ. Сер.: Управление, вычислительная техника и информатика. 2011. №1. С. 119–123.

МОДЕЛЬ БЕЗОПАСНОСТИ ЛОКАЛЬНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ КАФЕДРЫ НА ОСНОВЕ ТЕМАТИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ

Д.О. Бондаренко, А.В. Ращупкина, студенты каф. КИБЭВС

Научный руководитель Е.М. Давыдова, доцент, к.т.н.

г. Томск, ТУСУР, dima030793@gmail.com

Основой защиты ресурсов являются различные механизмы управления доступом, решающие задачу разграничения доступа к защищаемым ресурсам [1].

Целью работы является разработка и анализ модели безопасности локальной вычислительной сети кафедры на основе тематической политики разграничения прав доступа.

Описание модели безопасности. Для представления модели безопасности на основе тематической политики разграничения доступа в виде черного ящика (рис. 1) входными параметрами являются субъекты $S = \{\text{Администратор, Преподаватель, Студент}\}$, объекты $O = \{\text{Public1, AOS, VM, УМК, Consultant, Personal, Библиотека, Учебный процесс}\}$ и политика безопасности (права доступа), принятая на кафедре. На выходе данной модели получаем реализацию тематического разграничения доступа.

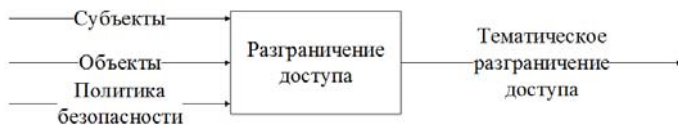


Рис. 1. Черный ящик

Схема предметной области системы представляется тематическим иерархическим (систематизированным) классификатором с применением мультирубрицированного подхода.

Рубрикатор включает конечное множество тематических рубрик $T_i = \{\text{Информационные ресурсы сети (ИРС), Программные продукты (ПП), Учебные издания (УИ), Программное обеспечение с эмуляцией аппаратной платформы (ПО+), Программное обеспечение без эмуляции аппаратной платформы (ПО-), Учебно-программные издания (УП-}$

рИ), Учебно-теоретические издания (УТИ), Учебно-практические издания (УПИ), Учебно-методические издания (УМИ)}, на котором установлен частичный порядок, задаваемый корневым деревом (рис. 2).

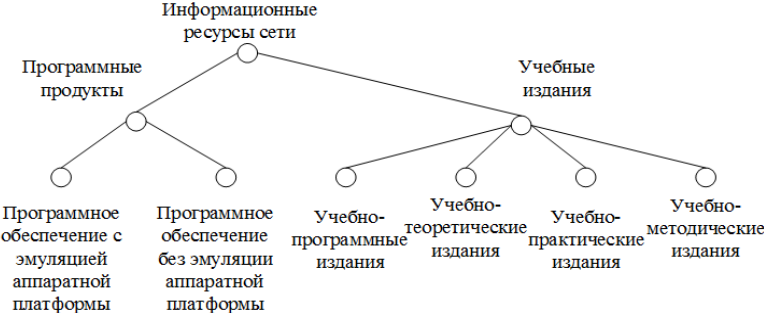


Рис. 2. Корневое дерево тематического систематизированного классификатора

Мультирубрицированное отображение $F : X \rightarrow T^M$ сущностей $X = S \cup O$ на иерархический рубрикатор T^M представлено в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

**Мультирубрицированное отражение сущностей
на иерархический рубрикатор**

Сущность системы	Мультирубрика	Сущность системы	Мультирубрика
Public1	$T_1^M = \{\text{ИРС}\}$	Библиотека	$T_6^M = \{\text{УТИ, УМИ}\}$
AOS	$T_2^M = \{\text{ПП, УТИ, УПИ, УМИ}\}$	Студент	$T_2^M = \{\text{ПП, УТИ, УПИ, УМИ}\}$
VM	$T_3^M = \{\text{ПО+}\}$	Администратор	$T_1^M = \{\text{ИРС}\}$
УМК	$T_4^M = \{\text{УМИ}\}$	Преподаватель	$T_1^M = \{\text{ИРС}\}$
Consultant	$T_5^M = \{\text{ПО-}\}$	Учебный процесс	$T_7^M = \{\text{УПрИ}\}$
Personal	$T_1^M = \{\text{ИРС}\}$		

Критерием безопасности для рассматриваемой системы является отсутствие потоков записи w в объект и чтения r из объекта между несравнимыми по тематике сущностями.

При этом доступ субъекта s к объекту o , вызывающий поток чтения, разрешен, когда мультирубрика субъекта доминирует над мультирубрикой объекта: $f_M[s] \geq f_M[o]$, а поток записи разрешен только тогда, когда мультирубрика объекта доминирует над мульти-

рубрикой субъекта: $f_M[o] \geq f_M[s]$. Следовательно, при создании нового объекта o' ему присваивается мультирубрика, равная мультирубрике субъекта или доминирующая над ней: $f_M[o'] \geq f_M[s]$.

Таким образом, построенная модель тематико-иерархического разграничения доступа функционирует в рамках требований безопасности тематической политики.

Разрешения субъектов на порождение потоков для рассматриваемой модели приведены в табл. 2 в соответствии с введенными критериями безопасности для сети кафедры в табл. 3.

Таблица 2

Матрица доступа для построенной модели

Мультирубрика объекта/ мультирубрика субъекта	T_1^M	T_2^M	T_3^M	T_4^M	T_5^M	T_6^M	T_7^M
T_1^M	w	r	r	r	r	r	r
T_2^M	w	w	r	r	r	r	—

Таблица 3

Матрица доступа для кафедральной сети

Объект/ субъект	PublicI	AOS	VM	УМК	Consultant	Personal	Библио- тека	Учебный процесс
Администратор	w	w	w	w	w	w	w	w
Преподаватель	w	w	w	w	w	w	w	r
Студент	w	r	r	—	r	—	—	—

При сравнении матриц доступа реальной системы и построенной модели видно, что права доступа субъектов к объектам различны, так как правила разрешения «чтения вниз» и «записи вверх» вводят ограничения на реализацию потоков для корневого дерева классификатора, а не для иерархии объектов.

Также можно отметить, что в кафедральной сети в каталоге Personal содержатся личные папки преподавателей, к которым другие преподаватели доступа не имеют. При тематической политике реализация данного разграничения не представляется возможной, так как папки каталога Personal имеют одинаковую мультирубрику.

Таким образом, построение модели для кафедральной сети на основе тематической политики, которая адекватно отображает принятые на кафедре разграничения доступа, невозможно.

Закключение. Была построена модель безопасности локальной вычислительной сети кафедры на основе тематической политики и проведен ее анализ. Предъявлены основные критерии безопасности для рассматриваемой системы, обеспечивающие конфиденциальность информации в системе. Выявлено, что построение модели кафедральной сети на основе тематической политики неадекватно.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Экзамен: «ИБ»*. Вопрос: 30. Разграничение и контроль доступа к информации [Электронный ресурс] // Конспектов нет. Режим доступа: <http://www.konspektov.net/question/2078084/> (дата обращения: 14.12.2014).

2. *Гайдамакин Н.А.* Теоретические основы компьютерной безопасности: учебно-методический комплекс. Екатеринбург, 2008.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ НА ОСНОВЕ ЕГО КЛАВИАТУРНОГО ПОЧЕРКА

И.В. Ботнаренко, студент,

Е.Ю. Костюченко, доцент каф. КИБЭВС, к.т.н.

г. Томск, ТУСУР, halo2point@gmail.com

Клавиатурный почерк является методом идентификации пользователя на основе манеры и ритма набора текста. Клавиатурный почерк относится к так называемой поведенческой биометрии, это означает, что биометрическим фактором является какое-либо действие пользователя.

Анализ клавиатурного почерка основывается на характере набора текста пользователем, который представляет собой совокупность ритма и скорости набора символов на клавиатуре. Основными параметрами, по которым можно построить такую характеристику, являются продолжительность нажатия (промежуток времени между нажатием на клавишу и отпусканием этой клавиши) и интервал между нажатиями (промежуток времени между нажатием текущей клавиши и нажатием следующей клавиши) [1].

Во время набора текста на клавиатуре время, необходимое пользователю для поиска следующего символа и перемещения пальцев к нужной клавише (интервал между нажатиями), и время удержания клавиши (продолжительность нажатия) являются определенными для данного человека.

От стиля набора конкретного пользователя также сильно зависит скорость набора определенных биграмм и триграмм, причем в большей степени тех символов, которые находятся на клавиатуре далеко друг от друга. Это можно объяснить тем, что чем дальше и точнее выполняется

движение, тем больше коррекции необходимо для его выполнения и соответственно больше времени требуется для внесения этой коррекции. При внесении коррекции движений проявляются индивидуальные особенности человека [2].

В рамках данной работы было написано программное средство, представляющее собой модуль, считывающий нажатия клавиш во время набора текста пользователем. При нажатии клавиши считывается следующая информация:

- идентификатор пользователя;
- время начала и окончания сеанса набора;
- код клавиши;
- тип события (нажатие или отпускание);
- время нажатия и время отпускания клавиши.

Полученные данные записываются в базу данных, схема которой представлена на рис. 1.

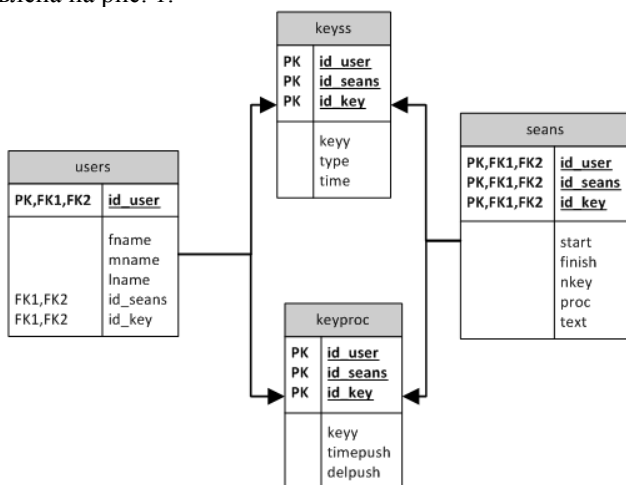


Рис. 1. Схема базы данных

Было создано приложение, преобразующее совокупность времени нажатия и времени отпускания клавиши в продолжительность нажатия и интервал между нажатиями. Фрагмент базы данных с полученными значениями представлен на рис. 2.

Также данная программа преобразует последовательность кодов клавиш из базы данных в набор символов, включая специальные символы и функциональные клавиши (рис. 3). Благодаря этому в дальнейшем имеется возможность провести полный анализ характера набора текста пользователем на основе следующих параметров:

- частота ошибок и манера их исправления;
- использование различных клавиш для ввода заглавных букв;
- использование различных комбинаций клавиш для переключения раскладки клавиатуры;
- частота использования цифровой клавиатуры;
- использование различных способов перемещения курсора;
- частота использования горячих клавиш.

id_user	id_seans	id_key	key	timepush	interval
1	7	1	72	119	3569
1	7	2	72	313	233
1	7	3	71	300	38
1	7	4	70	357	466
1	7	5	68	90	35
1	7	6	71	190	306
1	7	7	70	102	188
1	7	8	68	104	202
1	7	9	71	99	191
1	7	10	70	111	207
1	7	11	71	125	948
1	7	12	70	162	332
1	7	13	71	163	596
1	7	14	71	187	427
1	7	15	71	699	390

Рис. 2. Продолжительность нажатия и интервал между нажатиями клавиш

(Lshift)такие же названия носят образовательные(Back)(Back)(Back)(Back)(Back)(Back)нные в те годы институты(Lshift). журналы(Lshift). вузовские специальности(Lshift). например (Lshift)институт точной механики и вычислительной техники (Lshift)9(Lshift)итм и (Lshift)вт(Lshift)4(Back) (Lshift)академии наук (Lshift)ссср (Back)(Lshift). специальность (Lshift)2(Lshift)автоматика и телемеханика (Lshift)2(Lshift). лаборатория счетно-решающих устройств (Lshift)томского государственного университета и т.п.9(Lshift)реабилитация (Lshift)к(Back)кибернетики в (Lshift)ссс(Lshift)р связана с подвижением(Back)(Back)(Back)(Back)(Back)нической деятельностью (Back)ю (Lshift)алексея (Lshift)андреевича (Lshift)ляпунова (Lshift)91911-1973(Lshift)4(Back)(Lshift).

Рис. 3. Пример текста, полученного с помощью программы

Поскольку планируется к решению задача идентификации пользователя по клавиатурному почерку на произвольном тексте, то следующим ключевым этапом является наполнение базы данных и её анализ для выявления наиболее часто повторяющихся последовательностей символов – би-, три-, тетраграмм и более, по которым будет осуществляться выделение количественных характеристик как для наиболее характерных участков для дальнейшего анализа.

Работа поддержана Министерством образования и науки, проект №1220 «Фундаментальные основы проектирования информационно-безопасных систем».

ЛИТЕРАТУРА

1. *Keystroke Dynamics* [Электронный ресурс]. URL: http://www.biometric-solutions.com/solutions/index.php?story=keystroke_dynamic (дата обращения: 25.01.2015).
2. *Клавиатурный почерк как средство аутентификации* [Электронный ресурс]. URL: <http://www.securitylab.ru/blog/personal/aguryanov/29985.php> (дата обращения: 11.02.2015).

ПРОБЛЕМА ВЫБОРА ФОРМАЛЬНОГО МЕТОДА АНАЛИЗА НАДЁЖНОСТИ АЛГОРИТМОВ ЭЛЕКТРОННОГО ГОЛОСОВАНИЯ

А.Н. Будников, аспирант каф. информационной безопасности

*Научный руководитель П.Н. Корнюшин, профессор
каф. информационной безопасности, д-р ф.-м.н.*

*г. Владивосток, Дальневосточный федеральный университет,
bandrmail@yandex.ru*

Криптографические алгоритмы получили широкое распространение в современных программных продуктах. Методы защиты на основе криптографии обеспечивают целостность, сохранение конфиденциальности, аутентификацию, решают проблему распределения ключей и т.д. Надёжность является главным свойством, которым должен обладать криптографический продукт, так как в противном случае эффективность его применения близка к нулю. Проблема выбора формального метода, наиболее подходящего для оценки надёжности алгоритмов, в том числе и тех, что используются для электронного голосования, все ещё является актуальной. В этой статье будут оценены теоретико-множественные методы на примере модели Долева–Яо [1] и методы на основе компонуемости, представленные работой Пфитцманна и Вейднера [2]. Этот выбор обусловлен тем, что область применения данных методов не ограничена одним типом алгоритма. Критерием же оценки будет то, какое количество атак данный метод способен воспроизвести. Исходя из принципа неразличимости [2], чем больше это значение, тем надёжнее метод.

Алгоритм электронного голосования согласно Адида [3] включает в себя четыре этапа: подготовительный, само голосование, анонимизацию бюллетеней, подведение итогов.

Сначала выполним оценку возможностей для методов на основе теории множеств. При этом во внимание будет приниматься не сама модель Долева–Яо или её модификации, а принцип, положенный в основу всех теоретико-множественных методов. Он заключается в том, что все действия, которые выполняются анализируемым алгоритмом, представляются как преобразования над различными множествами. Доказательство надёжности формируется на основании двух предположений:

- все используемые криптографические примитивы являются стойкими;

- в алгоритме ни одна из всевозможных комбинаций преобразований не является вырожденной.

Рассмотрим, какие атаки из списка, приведенного в работе [4], данный метод может моделировать. Здесь под возможными операциями подразумеваются действия, которые могут быть осуществлены в данном методе. Все действия, которые модель не может имитировать, считаются запрещёнными:

1. Подмена или уничтожение бюллетеня, квитанции, итогового результата. Подмена с точки зрения модели выражается в любом преобразовании исходных данных. Уничтожение – подмена на пустое множество. В теоретико-множественной модели любая такая операция возможна.

2. Раскрытие тайны голосования одного или нескольких участников. Для осуществления данной атаки злоумышленник может применять различные функции к зашифрованному голосу, чтобы получить открытый текст без знания ключа. Эта операция также является возможной.

3. Подтверждение своего выбора. Нападающий пробует изменить квитанцию так, чтобы получить неоспоримое доказательство своего выбора. Это действие возможно.

4. Попытка проголосовать. В этом случае атакующий использует аутентифицирующую информацию участников в исходном или изменённом виде, чтобы получить доступ.

5. Повторное голосование. Это допустимая операция, так как злоумышленник может многократно отправлять своё сообщение.

6. Атака на отказ в обслуживании через посылку запросов на квитанцию и бюллетень. Методы на основе теории множества не позволяют учесть ограничения на вычислительные ресурсы, поэтому данная атака не может быть воспроизведена.

7. Ввод входных данных с ошибкой. Поскольку злоумышленник может преобразовывать как принимаемые, так и отправляемые сообщения любым образом, следовательно, он может сформировать пакет с ошибкой.

8. Отказ в обслуживании части инфраструктуры голосования. Эта операция не может быть воспроизведена в данном формальном методе.

9. Компрометация части инфраструктуры голосования. Метод не позволяет имитировать установление контроля со стороны злоумышленника над другими участниками.

Перейдём к методам на основе компонуемости и оценим их возможность по имитации атак. Поскольку действующие стороны представляются как машины Тьюринга, то они способны выполнить любое преобразование из тех, что доступны для теоретико-множественной модели.

Локальная или глобальная вычислительная сеть (предполагается, что именно её алгоритмы электронного голосования используют для обмена сообщениями) в методах на основе компонуемости представлена как набор из машин, у каждой из которых есть лента фиксированной длины для сообщений от других участников. Если на ленте не остаётся свободных ячеек, то машина перестаёт принимать входные данные. Время задержки при доставке пакета контролируется злоумышленником, который имеет доступ ко всей передаваемой информации и может модифицировать её и удалять. Все каналы связи относительно злоумышленника разделены на безопасные, аутентифицированные и общедоступные.

Методы на основе компонуемости позволяют анализировать параллельно запущенные процессы и моделировать компрометацию участников как в статическом, так и в динамическом режимах.

Из вышесказанного можно сделать следующий вывод, что методы на основе компонуемости покрывают большее количество атак (9 против 6 у теоретико-множественных методов). Поэтому для анализа надёжности алгоритмов электронного голосования метод Пфитцманна–Вейднера является более предпочтительным. В заключение стоит отметить, что дальнейшая работа по доказательству надёжности алгоритмов электронного голосования может быть связана с описанием их в модели Пфитцманна–Вейднера и последующим анализом их безопасности.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Dolev D.* On the security of public key protocols / D. Dolev, A. Yao // Information Theory. IEEE Transactions 29(2). 1983. P. 198–208.
2. *Pfitzmann B.* A model for asynchronous reactive systems and its application to secure message transmission / B. Pfitzmann, M. Waidner // Proceedings of 22nd IEEE Symposium on Security & Privacy. 2001. P. 184–200.
3. *Adida B.* Advances in cryptographic voting systems. Cambridge: Massachusetts institute of technology, 2006. 254 p.
4. *Будников А.Н.* Список требований для протоколов электронного голосования: матер. Междунар. науч. форума студентов, аспирантов и молодых учёных стран Азиатско-Тихоокеанского региона. 2012 / Под общ. ред. Н.В. Воеводиной. Владивосток: Изд. дом Дальневост. федерал. ун-та, 2012. С. 11–13.

ПОСТРОЕНИЕ ГРАФОВОЙ МОДЕЛИ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

В.С. Булатников, студент каф. КИБЭВС

*Научный руководитель А.А. Конев, доцент каф. КИБЭВС, к.т.н.
г. Томск, ТУСУР, bulatnikov11@gmail.com*

Выполняемая работа посвящена построению модели информационной системы в виртуальной среде на основе графовой структуры метаграфа. Модель информационной системы основана на подходе, описанном в [1].

Данная работа предназначена для описания информационного взаимодействия объектов в информационной системе в виртуальной среде и для описания математической модели угроз информационной системе.

Структура информационной системы в виртуальной среде (рис. 1) имеет локальную вычислительную сеть (ЛВС), которая включает в себя множество рабочих станций, на каждой из которых установлена операционная система (ОС). В свою очередь каждая операционная система включает в себя множество программного обеспечения (ПО).

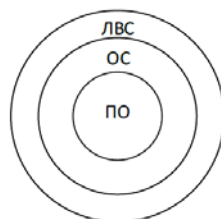


Рис. 1. Структура информационной системы

Взаимодействие между ЛВС осуществляется с помощью протоколов (рис. 2).



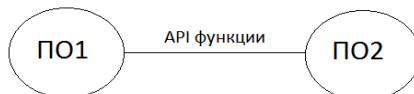
Рис. 2. Взаимодействие между ЛВС



Рис. 3. Взаимодействие между рабочими станциями

Взаимодействие между программным обеспечением, установленным в операционной системе, осуществляется с помощью API функций (рис. 4).

Рис. 4. Взаимодействие между программным обеспечением



То есть в информационной системе присутствует иерархия, следовательно, при построении графовой модели информационной системы мы должны учитывать этот факт. Для этого нам хорошо подойдет

структура метаграфа, в котором вводится понятие метавершины, имеющей смысл обобщения порождающего множества вершин.

В соответствии с работой [2] метаграф определяется следующим образом: $S = (X, XM, E, EM)$, где X – порождающее множество; XM – множество метавершин; E – множество ребер, определенных на множестве X ; EM – множество метаребер, определенных на множестве XM .

Для построения графовой модели информационной системы будем использовать неориентированный метаграф.

При построении графовой модели информационной системы на уровнях ЛВС и ОС метаграф можно представить следующим образом: $S = (X, XM, E, EM)$, где X – множество ОС информационной системы; XM – множество ЛВС; E – множество связей между ОС; EM – множество связей между ЛВС.

При построении графовой модели информационной системы на уровнях ниже (уровнях ОС и ПО) метаграф можно представить следующим образом: $S = (X, XM, E, EM)$, где X – множество ПО информационной системы; XM – множество ОС; E – множество связей между ПО; EM – множество связей между ОС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Конев А.А., Давыдова Е.М. Подход к описанию структуры системы защиты информации // Доклады ТУСУРа. 2013. №2 (28). С. 107–111.
2. Астанин С.В., Драгныш Н.В., Жуковская Н.К. Вложенные метаграфы как модели сложных объектов // Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона». 2012. № 4. URL: <http://ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2012/1434> (дата обращения: 01.02.2015).

ИССЛЕДОВАНИЕ И ЗАЩИТА ТЕЛЕФОННОЙ ЛИНИИ КАК КАНАЛА УТЕЧКИ ИНФОРМАЦИИ

С.Ю. Дикусар, студент

Научный руководитель Г.А. Сырецкий, доцент

каф. наносистем и оптоэлектроники

г. Новосибирск, СГУГИТ, Lddik401@yandex.ru

Телефонная проводная связь на сегодняшний день является наиболее распространённым средством коммуникации. Вместе с тем такой род связи несёт в себе массу уязвимостей с точки зрения информационной безопасности. Опасность несанкционированного съёма информации присутствует на протяжении всего пути от одного абонента до другого.

В настоящей работе была поставлена цель исследовать на конкретном примере телефонную связь на предмет уязвимостей с точки зрения информационной безопасности для последующего построения

системы защиты. При построении телефонной коммуникации между двумя абонентами были использованы следующие технические средства: мини-АТС Maxicom MP35 hybrid, два телефона Panasonic KX-TS2350RU. В процессе исследования телефонной линии использовались такие технические средства анализа: осциллограф Tektronix TPS 2020, анализатор электромагнитного спектра Protek 3201N. При исследовании телефонной линии на предмет уязвимостей были задействованы следующие средства: тестовые устройства по сети, имитирующие съём информации, диктофон RitmixRR-850 с переходником для съёма информации через разрыв телефонного кабеля. При исследовании физических свойств сигнала в телефонной линии была задействована среда программирования Matlab, в которой имеется приложение, поддерживающее внешние устройства. С помощью данной среды удалось автоматизировать анализ физических свойств сигнала. Также для моделирования возможных каналов утечки информации была задействована среда моделирования Simulink, входящая в пакет Matlab. Для большей наглядности при изучении каналов утечки информации была создана модель телефонной коммуникации.

После исследования каналов утечки информации телефонной линии, а также моделирования возможных каналов утечки информации, был разработан и опробован ряд технических мер по защите информации и противодействию несанкционированного съёма информации. При защите телефонной линии были задействованы следующие технические средства: телефонный фильтр RFT-04, прибор для защиты телефонной линии RPT-07m «Борей», устройство защиты цепей электросети и заземления «SEL SP-44», генератор шума SEL SP-113 «Блокада», генератор шума по сети 220 В RNC-02, генератор радишума «RNR-02», фильтр сетевой помехоподавляющий RFT-02. Результатом данной работы стали лабораторный стенд для изучения телефонной связи на предмет каналов утечки информации, а также виртуальная лабораторная работа для визуализации каналов утечки информации.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЗАЩИТЫ ГИДРОАКУСТИЧЕСКОГО КАНАЛА СВЯЗИ

А.В. Егорова, студентка каф. ЗИ

*Научный руководитель Б.И. Филиппов, доцент каф. ЗИ, к.т.н.
г. Новосибирск, Новосибирский государственный технический
университет, egorova_alena_@mail.ru*

В решении задач исследования морей и океанов и в военных целях возникает задача передачи речевых сигналов в гидроакустическом ка-

нале. Известно, что средняя скорость распространения акустических колебаний в морской среде 1500 м/св зависимости от многих факторов [1]. Была выбрана полоса пропускания с учетом особенности гидроакустического канала 20 кГц и стандартная скорость передачи речевого сигнала 12–16 Кб/с. Из за большого затухания сигнала и ограниченной пропускной способности канала необходимо предусмотреть его сжатие. Для сохранения качества передаваемого сигнала, в условиях ограниченной пропускной способности, был выбран стандартный mp3 формат как наилучший для гидроакустического канала, позволяющий сжимать в несколько раз, и для его использования не нужна специальная аппаратура на судне [2]. Учитывая, что передаваемая информация является конфиденциальной, возникает необходимость в применении криптографических методов защиты информации.

Для шифрования был выбран поточный алгоритм RC4, обрабатывающий информацию в реальном масштабе времени, без разделения на блоки. Существенной особенностью алгоритма шифрования является генерация псевдослучайных последовательностей (ключей). Для решения задач создания ключевой информации применяются различного рода генераторы псевдослучайных чисел. Был рассмотрен линейный рекуррентный генератор Геффа и регистры Галуа и Фибоначчи. Проверка частот встречаемости символов «1» и «0» была проведена на основе анализа биграмм и триграмм [3]. Сравнение частоты встречаемости символов показывает значительное преимущество схемы Фибоначчи, у которой выборка с длиной периода в 1000 символов состоит поровну из «1» и «0», в то время как у схемы Галуа имеет место значительный перекос в сторону нулевых элементов. Для схемы Фибоначчи была проведена оценка степени влияния количества порождающих полиномов на характеристики генераторов ПСП [4].

Для этого в схеме генератора Геффа в качестве порождающего полинома во всех трех регистрах использовался в первом случае один полином вида: $x^{24} + x^4 + x^3 + x + 1$, а во втором случае – три различных полинома вида: $x^{19} + x^{18} + x^{17} + x^{14} + 1$, $x^{22} + x^{21} + 1$, $x^{23} + x^{22} + x^{18} + x^7 + 1$.

Результаты исследований показывают, что значительно лучшие характеристики ПСП обеспечивает использование 1-го регистра [3]. Однако результаты данного опыта не могут полностью считаться объективными, поскольку полученные значения зависят от типа используемого генератора и степени используемых полиномов.

Для анализа защищенности речевой файл был просуммирован по модулю 2 с ПСП, полученной генератором Геффа на основе регистров Фибоначчи.

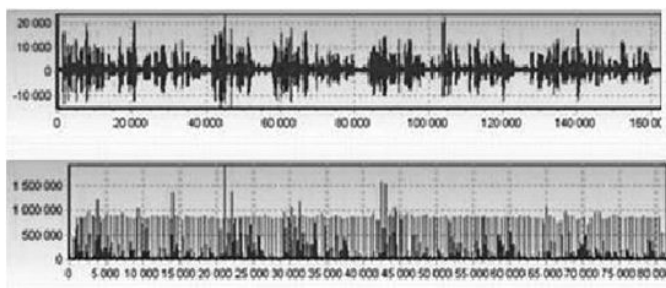


Рис. 1. Спектр исходного файла

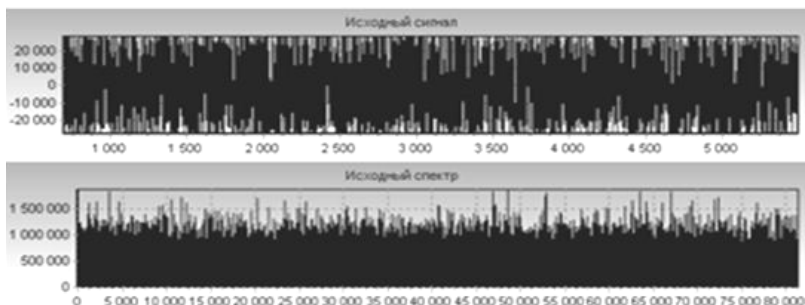


Рис. 2. Спектр зашифрованного файла

Сравнительный анализ биграмм позволяет отдать незначительный перевес схеме построения Галуа. Поскольку преимуществом схемы Фибоначчи является совпадение частоты встречаемости двух пар биграмм, однако имеет место больший разброс относительно среднего значения и, следовательно, высокая частота встречаемости одной из биграмм. В схеме Галуа пара биграмм имеет одинаковую частоту встречаемости, а оставшиеся биграммы имеют небольшие отклонения от центральной частоты [4]. Анализ триграмм не позволяет отдать преимущество ни одной из схем, поскольку в обеих схемах разница между максимальным и минимальным значением частоты встречаемости практически одинакова. Как видно из приведенных рис. 1 и 2, зашифрованный файл претерпел значительные изменения. Таким образом, можно сделать вывод, что применение генератора Геффа на основе регистров Фибоначчи можно использовать для шифрования речевого сигнала при его передаче по гидроакустическому каналу связи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Орлов И.А. Имитационная модель системы передачи информации в условиях гидроакустической среды: автореф. дис. ... к.т.н. / Институт проблем передачи информации РАН. М., 1998.

2. Чернецкий Г.А. Разработка концепции построения гидроакустической сети связи и управления для подводных подвижных объектов: предложение на открытие НИР. Новосибирск, 2003.

3. Колесова Н.А. Оценка генераторов последовательностей случайных чисел // Вестник Астраханского гос. техн. ун-та. Сер.: Управление, вычислительная техника и информатика. 2011.

4. Колесова Н.А., Ажмухамедов И.М. Методика оценки качества последовательности случайных чисел // Вестник Астраханского гос. техн. ун-та. Сер.: Управление, вычислительная техника и информатика. 2010.

АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК ЗВУКОВЫХ ЕДИНИЦ

Н.С. Егошин, студент каф. КИБЭВС

Научный руководитель А.А. Конев, доцент каф. КИБЭВС

г. Томск, ТУСУР, mekolla@yandex.ru

Существующие системы распознавания речи изначально заточены под языки в основе которых лежит латинский алфавит. Подобные системы могут работать и с русским языком, однако точность и верность распознавания оставляют желать лучшего. Дело в том, что русский язык требует изначально другого подхода. Нестрогое построение предложений, большой алфавит, а значит, и большее возможное количество звуковых единиц сводят на нет статистический подход к распознаванию речи. Необходимо анализировать характеристики каждой отдельно взятой звуковой единицы, выявить сходства и различия, что позволит вести работы в двух направлениях: распознавание речи и идентификация диктора. Такую же работу можно проделать для любого языка, что потенциально может позволить распознавать речь на уровне разговорной, жаргонной, диалектной и т.д.

В данной работе проводится сбор речевого материала, который представляет собой набор речевых единиц, записанных несколькими дикторами. В качестве дикторов выступили три человека: мужчина 23 года, мужчина 24 года и женщина 20 лет. Речевые единицы представляют из себя слова и отдельные слоги, включающие все возможные звуковые единицы. Список звуковых единиц составлен на основе научного труда [1]. Список включает в себя 77 звуковых единиц. Все звуковые единицы разделены на классы: гласные и согласные. Согласные звуки делятся на звонкие и мягкие. Гласные, в свою очередь, делятся на подклассы: ударные и безударные. Ударные гласные звуки делятся на 4 категории в зависимости от взаимного расположения с согласными звуками в слове. Классификация безударных гласных звуков более сложна. Во-первых, звучание безударных гласных зависит от мягкости предыдущего согласного звука, во-вторых, от положения

безударной гласной относительно ударной гласной. В результате получается 5 типов звучания.

Записанный речевой материал обрабатывается приложением SpeechSoft [2]. Приложение осуществляет маскировку речевой единицы с использованием заданного фильтра. Пример результата маскировки представлен на рис. 1.

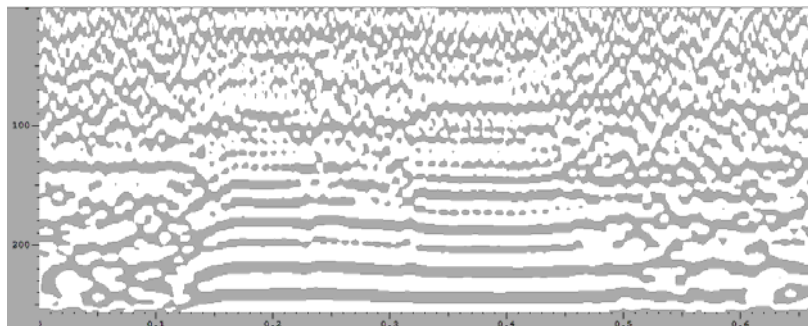


Рис. 1. Результат маскировки речевой единицы «Она»

На основе результатов маскировки можно выделить максимальные по интенсивности гармоники, они же – форманты (рис. 2).

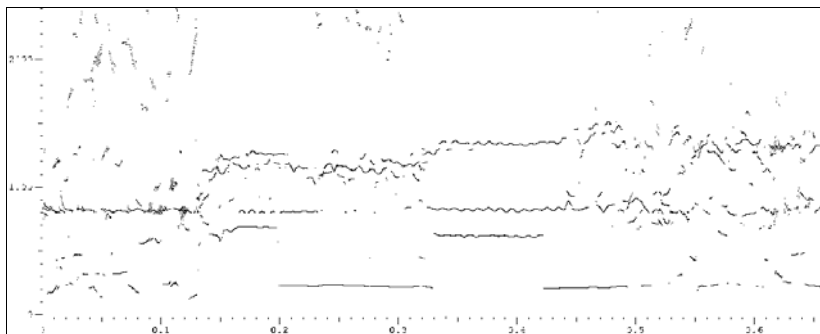


Рис. 2. Максимальные по интенсивности гармоники

Для каждой отдельной звуковой единицы набор формант уникален, однако схожие звуковые единицы имеют и схожее гармоническое строение, что позволяет их идентифицировать. Например, на рис. 2 можно увидеть сходное строение графика в интервалах [0,16–0,2] и [0,33–0,42]. В первом интервале расположена звуковая единица «ам1» (безударная гласная «О» в первом предударном слоге), а во втором «Ат1» (ударная гласная «А», расположенная между двух твердых согласных).

В настоящий момент продолжается работа с дикторами, набор речевого материала и его обработка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Буланин Л.Л. Фонетика современного русского языка. М.: Высшая школа, 1970. 207 с.
2. Черных Д.В., Конев А.А., Мещеряков Р.В. Элементы программного комплекса для оценки биометрических параметров в защищённых системах // Электронные средства и системы управления: матер. докладов Междунар. науч.-практ. конф. Томск: В-Спектр, 2011. С. 188–190.

О КОРРЕКЦИИ ОШИБОК ВВОДА ПРИ БИОМЕТРИЧЕСКОЙ АУТЕНТИФИКАЦИИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Я.А. Голусов, студент каф. БИТ

Научный руководитель В.Г. Жуков, доцент каф. БИТ, к.т.н.

г. Красноярск, СибГАУ, info@mail.sibsau.ru

В рамках научно-исследовательской работы проводится разработка технологии многофакторной биометрической аутентификации (ТМБА): первым фактором является пароль, вторым – динамика нажатия клавиш (ДНКл) как биометрическая характеристика пользователя, измеряемая при вводе пользователем пароля. В процессе анализа результатов проведённых исследований выяснилось, что на входные образцы ДНКл оказывают влияние т.н. называемые факторы воздействия на эффективность ТМБА. Данное влияние, в частности, выражено в снижении эффективности всей разрабатываемой технологии аутентификации, следовательно, ими ни в коем случае нельзя пренебречь.

Как было установлено в результате исследований, самое сильное воздействие на эффективность ТМБА оказывает фактор совершения ошибок при вводе. Данное влияние потенциально может снижать эффективность всей разрабатываемой технологии до минимума и делать невозможным аутентификацию легитимного пользователя, что будет показано далее. Стоит пояснить, почему данный фактор оказывает такое «разрушительное» влияние. При вводе пароля система аутентификации фиксирует весь процесс ввода, т.е. в т.н. «входной поток» передаются как коды символов самого пароля, так и коды всех нажатых во время ввода клавиш. Иными словами, если из «входного потока» ещё можно исключить информацию о нажатии служебных клавиш (Shift, Enter и пр.), то исключить информацию о нажатии «лишних» символьных клавиш достаточно проблематично, особенно если учесть то, что

клавиша может быть нажата верная, однако нажата, допустим, поздно, и пользователь перемещает курсор, чтобы удалить предыдущий символ. И это самый простой пример, а если пользователь ошибся многократно или если он постоянно перемещает курсор по строке ввода для печати корректных символов? Уже становится ясно, сколько «лишней» информации будет во входном потоке, которая фактически делает образец ДНКл непригодным для регистрации или аутентификации.

Однако как бы пользователь ни вводил пароль – система аутентификации обязана обеспечивать корректную обработку «входного потока». Исходя из этого условия, было принято решение разработать метод анализа и коррекции, призванный минимизировать влияние данного фактора.

Разработанный метод основан на предположении, что по имеющейся информации во «входном потоке» можно воспроизвести, «сымитировать» процесс ввода парольной фразы пользователем, т.е. фактически алгоритм полностью повторяет все действия пользователя для получения корректного порядка кодов нажатых клавиш.

Во-первых, в процессе вычисления данные входного потока подвергаются неполной фильтрации – из входного потока исключается информация о нажатиях клавиш, не влияющих на положение курсора и на состав поля ввода. Информация о нажатии клавиш, удаляющих символы (Delete, Backspace) или изменяющих положение курсора (стрелки влево, вправо, End, Home), не исключается из входного потока – она будет использована в дальнейшем.

Далее трассировщик начинает свою работу с момента поступления входного потока на обработку. В процессе своей работы трассировщик также осуществляет формирование вектора биометрических характеристик, о котором упоминалось в работе [1].

В значительно упрощённом виде работу трассировщика можно представить следующим образом:

а) изначально трассировщик строит соответствие между всеми нажатыми и отпущенными клавишами, ведь две клавиши могут быть нажаты практически одновременно, и получается, первая будет отпущена уже после того, как нажата вторая, или даже после отпускания второй клавиши. Кроме того, существует момент, связанный с эффектом «зажатых клавиш», при которых фиксируется несколько событий нажатия и всего одно событие отпускания, – данную информацию также нужно скорректировать;

б) непосредственно сам процесс имитации ввода, при котором трассировщик заполняет т.н. «виртуальную» строку ввода, чтобы получить корректный порядок клавиш;

в) коррекция временных показателей – ясно, что при имитации ввода происходит перестановка событий нажатия и отпущения клавиш на корректные порядковые места. После этого возможна, к примеру, ситуация, когда первая клавиша нажата и отпущена позже, чем вторая и даже третья. Это может произойти из-за того, что пользователь пропустил ввод первой клавиши и сначала ввёл вторую с третьей и только потом уже вернул курсор обратно и ввёл первую. Полученная в таком случае временная разница между нажатиями первой и второй клавиш, согласно построенному порядку, будет отрицательной, что недопустимо. На данном этапе происходит коррекция таких недопустимых значений и их приведение к максимально реалистичным величинам, которые можно в дальнейшем использовать для формирования эталона и аутентификации.

Разработанный метод анализа и коррекции позволил значительно повысить эффективность разрабатываемой ТМБА даже при условии отсутствия коррекции влияния остальных факторов воздействия. В частности, в работе [1] приводится описание нескольких методов анализа и принятия решения об аутентификации: вероятностный метод (ВМ), два геометрических метода (Минковского (ГМ) и Хэмминга (ГХ)) и параметрический метод (ПМ). Эффективность данных методов после применения коррекции ошибок приведена в таблице.

Зависимость эффективности методов анализа и принятия решения от применения коррекции ошибок ввода

	ВМ, %	ГХ, %	ГМ, %	ПМ, %
Без коррекции	22,1	0	0	0
С коррекцией	73,3	87	73,8	90,2

Под эффективностью, в данном случае, понимается процент успешных попыток аутентификации легитимного пользователя.

Как видно, три из четырёх методов попросту не могут обрабатывать образцы ДНКл, не подвергнутые коррекции ошибок ввода, следовательно, наличие данной коррекции является необходимым условием работоспособности всей разрабатываемой технологии и системы аутентификации, на ней основанной. Разработка методов коррекции влияния других факторов, представленных в данной работе, является направлением дальнейших исследований, т.к. исключить их полностью не представляется возможным.

Таким образом, можно утверждать, что разработка методов анализа и коррекции влияния факторов воздействия является неотъемлемой составляющей разрабатываемой технологии и во многом определяет эффективность будущей системы многофакторной биометрической аутентификации.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Голеусов Я.А.* Оценка эффективности методов анализа динамики нажатия клавиш при вводе пользователем парольной фразы: матер. XVII Междунар. науч. конф., посвященной памяти генерального конструктора ракетно-космических систем акад. М.Ф. Решетнева / Под общ. ред. д.ф.-м.н. Ю.Ю. Логинова; Сиб гос. аэрокосмич. ун-т. Красноярск, 2013. С. 279–280.

АУТЕНТИФИКАЦИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ ПО ДИНАМИКЕ ПОДПИСИ НА ОСНОВЕ ИНТЕГРАЦИИ НЕЙРОННОЙ СЕТИ И НАИВНОГО КЛАССИФИКАТОРА БАЙЕСА

*М.А. Гураков, Е.О. Кривоносов, студенты,
Е.Ю. Костюченко, доцент, к.т.н., каф. КИБЭВС
г. Томск, ТУСУР, g.mishell@gmail.com*

В настоящее время актуальной задачей остаётся быстрая и простая аутентификация пользователей. Проблемой является то, что быстрая и простая аутентификация – это также ненадёжная аутентификация, в процессе которой велика вероятность как отказа в доступе правомочному пользователю, так и допуска к системе неправомочного. Сейчас выбор системы аутентификации – это баланс между удобством пользователей системы и защитой от несанкционированного доступа к информации.

Цель исследования заключается в создании интеграции систем на базе нейронной сети и наивного классификатора Байеса, показатели которой будут превосходить показатели каждой из систем в отдельности. Первым этапом исследования являлась реализация наивного классификатора Байеса.

Наивный классификатор Байеса служит для распознавания принадлежности объекта некоторому классу, в данном случае для распознавания принадлежности подписи классу подписей отдельного пользователя. Применение классификатора состоит из двух частей – обучения и распознавания. В процессе обучения классификатор формирует массив значений, хранящий логарифмы вероятностей попадания параметров подписей пользователя в конкретный интервал на всей области значения параметров подписей пользователя. При распознавании классификатор распределяет параметры классифицируемой подписи по интервалам на базе массива значений суммирует логарифмы вероятностей для каждого пользователя и выбирает результирующего по максимальному значению суммы.

На основе [1, 2] был реализован наивный классификатор Байеса. Было проведено тестирование программы, в процессе которого были

получены следующие статистические характеристики: минимальное количество ошибок (1,62%), максимальное количество ошибок (10,16%), среднее выборочное (4,78%), среднее квадратичное отклонение (1,43%).

Была создана программа, реализующая алгоритм аутентификации на базе нейронной сети и сделаны первые попытки найти зависимость между параметрами систем распознавания и параметрами результирующей системы. Было предположено наличие линейной зависимости.

Использованная формула нахождения линейного критерия:

$$V = \sum_{i,j} |\alpha \cdot a_1 + \beta \cdot a_2 + \gamma \cdot a_3 - b| \rightarrow \min, \quad (1)$$

где a_1 – логарифмические выходы наивного классификатора Байеса; a_2 – вероятностные выходы наивного классификатора Байеса; a_3 – выходы нейронной сети; b – эталон; $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ – параметры.

Результат минимизации показал, что выходами одной из систем можно пренебречь. Из этого следует, что реализация интеграции систем на основе линейной зависимости параметров результирующей и интегрируемых систем не имеет смысла.

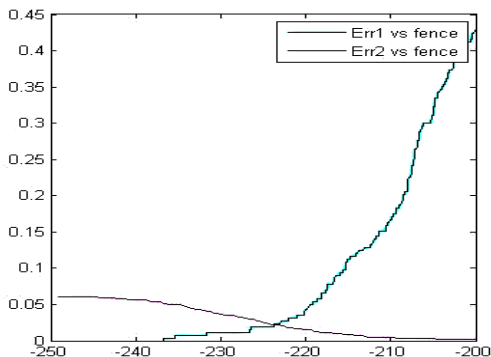
Введение порога как следующей модификации алгоритмов распознавания позволило провести исследования поведения ошибок первого и второго рода в обоих алгоритмах аутентификации.

Алгоритм расчёта ошибок первого рода:

- считалось количество отторжений системой санкционированных пользователей,
- полученное значение делилось на сумму всех попыток санкционированных пользователей идентифицироваться.

Алгоритм расчёта ошибок второго рода:

- считалось количество принятий системой несанкционированных пользователей,
- полученное значение делилось на разность произведения количества всех подписей и пользователей и количество легальных пользователей.



В результате были получены графики зависимостей ошибок первого и второго рода классификатора Байеса от порога (fence) (рис. 1 и 2).

Рис. 1. Графики зависимостей ошибок первого (Err1) и второго (Err2) рода классификатора Байеса от порога (fence)

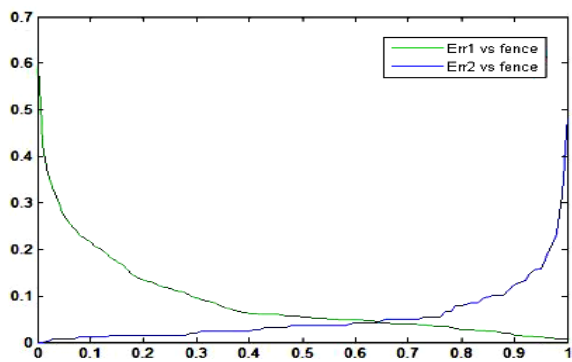


Рис. 2. Графики зависимостей ошибок первого (Err2) и второго (Err1) рода нейронной сети от порога (fence)

Закключение. На данном этапе исследования были достигнуты следующие результаты:

1. Реализованы и протестированы наивный классификатор Байеса и аутентификация пользователя на основе нейронной сети.
2. Были сделаны попытки нахождения линейного критерия ошибки, показавшие неоправданность построения интеграции систем на основе линейной зависимости параметров.
3. Были рассчитаны ошибки первого и второго рода для наивного классификатора Байеса и нейронной сети.

Следующим этапом является реализация классификатора, базирующегося на совместной работе наивного классификатора Байеса и классификатора на основе нейронной сети. Для этого необходимо выбрать функцию для совмещения выходов различных классификаторов и провести оптимизацию для подбора параметров совмещения. Теоретически такой подход должен давать результаты не хуже, чем отдельные его составляющие, поскольку они входят в него как частный случай при определенных параметрах совмещения, однако оценка уровня улучшения результата при совмещении и оценка значимости этого улучшения требуют экспериментальной проверки.

Работа поддержана Министерством образования и науки, проект №1220 «Фундаментальные основы проектирования информационно-безопасных систем».

ЛИТЕРАТУРА

1. Субботин С.В., Большаков Д.Ю. Применение байесовского классификатора для распознавания классов целей // Радиоэлектроника. 2006. № 4.
2. McCallum A. and Nigam K. A Comparison of Event Models for Naive Bayes Text Classification // AAAI/ICML-98 Workshop on Learning for Text Categorization. Technical Report WS-98-05. AAAI Press. 1998. P. 41–48.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КЛАССИФИКАЦИИ СЕТЕВЫХ И КОМПЬЮТЕРНЫХ АТАК НА ОСНОВЕ ТАКСОНОМИИ ХЭНСМЕНА–ХАНТА

М.А. Гураков, студент

*Научный руководитель Е.Ю. Костюченко, доцент каф. КИБЭВС, к.т.н.
г. Томск, TUCVP, g.mishell@gmail.com*

На данный момент существуют сотни всевозможных компьютерных, сетевых и прочих атак, обладающих множеством признаков и особенностей, и каждый день появляются всё новые атаки, обладающие своими уникальными отличиями. Среди всех этих признаков можно выявить некоторые общие или, чаще, подобные, что даёт возможность классификации атак по этим признакам. Актуальным остаётся вопрос, какие признаки обозначать первостепенными, какое их количество достаточно для идентификации атаки, так как слишком много признаков, как следствие, приведут к чрезмерно сложной классификации, а слишком мало признаков – к недостаточной, и над этим вопросом поработали множество учёных и исследователей, таких как Бисби и Халлингворс, Бишоп и Бэйли, Хэнсмен и Хант, Аслам и др. Классификация позволяет относить некоторую произвольную атаку к соответствующему типу, и в соответствии с типом выбрать некоторое средство защиты от неё. Однако нередко возникает необходимость в некотором ресурсе, который бы содержал атаки, уже классифицированные по некоторым определённым классификацией признакам. Актуальность такого ресурса в том, что, охарактеризовав некоторую уязвимость, можно получить список атак, с помощью которых злоумышленник может воспользоваться уязвимостью. Целью настоящей работы являлась разработка автоматизированной системы, которая будет обеспечивать формирование базы данных классифицированных некоторым способом атак и предоставлять набор инструментов для работы с ней.

База данных разработанной автоматизированной системы построена согласно классификации на [1]. Данная классификация подразумевает распределение признаков атак по четырём измерениям:

1. Первое измерение. Если атака использует единственный атакующий вектор, охарактеризовать атаку по вектору. Если нет, найти наиболее подходящую категорию, используя описания категорий, приведённых в самой таксономии. Примеры категорий: вирус, червь, троян, сетевая атака, физическая атака, атака на пароль и др. В результате классификации по первому измерению получается три уровня признаков: категория, подкатегория или полезная нагрузка атаки, полезная нагрузка атаки при наличии подкатегории.

2. Второе измерение покрывает цели атаки. Описать их все сжато здесь не представляется возможности, однако все цели можно разделить на аппаратные средства и программное обеспечение, которое можно разделить на операционные системы, приложения и сетевое программное обеспечение и т.д.

3. Третье измерение покрывает уязвимости и эксплойты, которые использует атака. Для определения уязвимостей используется Common Vulnerabilities and Exposures project, или CVE. Если уязвимость существует, в CVE может быть найдена запись о ней. Говард в 1997 г. предположил три основных вида уязвимостей: в реализации, в конфигурации и сформированная в процессе разработки. Когда запись в CVE найдена, необходимо определить вид уязвимости.

4. Четвёртое измерение определяет, есть ли у атаки некоторый эффект или полезная нагрузка вне себя самой. К примеру, червь может просто уничтожить некоторые файлы. Измерение состоит из пяти категорий: полезная нагрузка атаки (берётся из первого измерения), повреждение информации, раскрытие информации, кража сервиса, подрывная деятельность.

Разработанная автоматизированная система состоит из двух частей: базы данных, структура которой обусловлена классификацией, и программного обеспечения, реализующего набор инструментов для работы с базой данных. В работе с элементами базы данных были выделены и автоматизированы следующие процессы:

- процесс заполнения базы данных описаниями сетевых и компьютерных атак, выраженный в заполнении полей новых элементов базы данных;
- процесс поиска сетевых и компьютерных атак в базе данных по некоторому признаку, выраженному в определённом атрибуте, либо набору признаков классификации;
- процесс удаления описаний сетевых и компьютерных атак;
- процесс изменения описаний сетевых и компьютерных атак.

К автоматизированной системе прилагается следующий набор документов:

- техническое задание;
- пояснительная записка к техническому проекту на создание автоматизированной системы;
- оценка рисков;
- результаты тестирования;
- описание алгоритма реализации запросов в явном виде;
- руководство программиста;
- руководство пользователя.

Процесс работы с приложением можно разделить на два этапа:

1. Первый этап – заполнение базы данных. Пользователь должен охарактеризовать атаку по всем четырём измерениям и заполнить предоставляемые приложением формы в соответствии с руководством пользователя.

2. Второй этап – работа с инструментами приложения. В соответствии с обозначенными выше автоматизированными процессами пользователю предлагается система поиска сетевых и компьютерных атак по определённым классификацией признакам в двух вариантах: просмотр всех атак по выбранному измерению, поиск конкретных атак по исчерпывающему набору признаков. Также пользователю предлагается набор функций, обеспечивающих удобство работы с системой, таких, как очистка полей.

Заключение. Разработанная автоматизированная система классификации на основе таксономии Хэнсмана–Ханта не имеет аналогов, это единственное приложение, позволяющее работать с описаниями сетевых и компьютерных атак, классифицируемых на основе таксономии Хэнсмана–Ханта.

Были достигнуты следующие предъявляемые в техническом задании показатели надёжности: система обеспечивает функционирование всех составных частей независимо от изменений в автоматизированном рабочем месте пользователя при условии, что эти вносимые отклонения не противоречат требованиям технического задания.

Наиболее перспективно использование автоматизированной системы в качестве справочного приложения по сетевым и компьютерным атакам.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Hansman S. and Hunt R. A taxonomy of network and computer attacks // J. Computer and Security. 2005. №24(1). P. 31–43.*

АЛГОРИТМ АУТЕНТИФИКАЦИИ КАНАЛА ПЕРЕДАЧИ ТЕЛЕКОМАНД ПО СТАНДАРТУ ESA

Т.Е. Хавронина, магистрант

Научный руководитель В.Х. Ханов, доцент каф. БИТ, к.т.н.

г. Красноярск, СибГАУ, shishelmishel@bk.ru

Команды управления космическим аппаратом (КА) обладают высокой степенью критичности, в связи с этим подтверждение подлинности источника команд управления является важной задачей, для решения которой на помощь приходят алгоритмы аутентификации. Аутентификация – проверка принадлежности субъекту доступа предъявленного им идентификатора; подтверждение подлинности [1].

Разработка командно-измерительной системы (КИС) бортового комплекса управления (БКУ), включающая модуль аутентификации, на основе рекомендаций стандартов ESA имеет ряд преимуществ. Во-первых, это независимая реализация наземной системы управления и бортового КИС. Во-вторых, это возможность использовать наземные системы управления сторонних производителей. Протокол передачи телекоманд является многоуровневым и включает в себя 6 изолированных уровней: физический, уровень кодирования, транспортный, сегментный, пакетный и прикладной.

В соответствии со стандартами ESA [2, 3] процесс аутентификации является дополнительной опцией сегментного уровня, что также имеет ряд преимуществ. Во-первых, это прозрачность для прикладных процессов КА и наземной системы управления. Во-вторых, каждый сегмент в отдельности проходит процедуру аутентификации (в случае разбиения пакета данных на несколько сегментов). Аутентификация источника (наземной системы управления) обеспечивается с помощью имитовставки, являющейся функцией секретного ключа и передаваемого сообщения.

Наземная система управления является сложной системой, состоящей, как правило, из следующих элементов: сеть наземных станций управления и контроля, центр управления, система связи и передачи данных. Функция аутентификации реализуется только в центре управления с целью защиты закрытых ключей выработки имитовставки. При этом процедура аутентификации будет состоять из перечисленных ниже шагов:

1. Центр управления осуществляет разбиение пакета на сегменты, к каждому сегменту присоединяется имитовставка.
2. Центр управления собирает сегменты в новый модифицированный пакет и передает в сеть наземных станций контроля и управления.
3. Наземная станция контроля и управления проверяет корректность приема (с помощью поля контрольной суммы), разбивает пакет данных на сегменты, а сегменты на кадры, которые затем передаются на борт КА.
4. Наземная станция контроля и управления отслеживает корректность приема каждого кадра с помощью отчетов телеметрии, отбракованные кадры передаются повторно.
5. На борту КА кадры собираются в сегмент, вычисляется значение имитовставки и сравнивается с полученным значением, при совпадении сегмент передается в дальнейшую обработку, в противном случае – отбраковывается.

Часть КИС бортового комплекса, проверяющая подлинность принятых сегментов данных, называется модулем аутентификации. Общая схема модуля представлена на рис. 1.



Рис. 1. Общая схема модуля аутентификации

Реализация уровня аутентификации должна соответствовать перечисленным ниже требованиям:

1. Аутентификация не должна затрагивать нижележащие уровни передачи данных: физический, кодирования, транспортный (должна быть «прозрачной» для этих уровней).
2. Аутентификация должна быть централизованной, как в наземном сегменте, так и на борту КА, с целью обеспечения безопасности (например, централизованное управление ключами) и удобства работы (максимальная автоматизация загрузки закрытых ключей).
3. В случае потери питания после восстановления работоспособности бортовой аппаратуры КА должна быть предусмотрена возможность возвращения модуля аутентификации КА назад к предыдущему состоянию (до потери питания) с помощью команды, переданной из центра управления. Рекомендуется оснастить модуль аутентификации энергонезависимой памятью.
4. В случае отсутствия телеметрии должна существовать возможность послать одну простую команду на отключение одного из

резервных модулей аутентификации. При повторном включении модуля аутентификации, после полного восстановления, также должна использоваться простая команда.

В соответствии с [2] размер имитовставки не является фиксированным, что обеспечивает гибкость системы и возможность применения отечественных алгоритмов выработки имитовставки, например, ГОСТ Р 28147–89 [4] в интересах отечественных организаций, проводящих исследования и ведущих разработку в области спутниковых систем.

Таким образом, алгоритм аутентификации канала передачи телекоманд на основе рекомендаций стандартов ESA решает проблему подтверждения подлинности источника команд управления КА.

ЛИТЕРАТУРА

1. РД «Защита от несанкционированного доступа к информации. Термины и определения». Утверждено решением председателя Гостехкомиссии России от 30.03.1992 г.
2. ESA PSS-04-107 European Space Agency; Procedures, Specifications & Standards; Space Data Communication; Space Link Standards and Protocols; Packet Telecommand Standard.
3. ESA PSS-04-151 «Спецификация декодера телекоманд» European Space Agency; Procedures, Specifications & Standards; Space Data Communication; Space Link Standards and Protocols; Telecommand Decoder Specification.
4. ГОСТ Р 28147–89. Система обработки информации. Защита криптографическая. Алгоритм криптографического преобразования.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ СЕТЕВЫХ ПРОТОКОЛОВ АУТЕНТИФИКАЦИИ

М.О. Калмыков, Е.В. Рассказов, студенты каф. БИС

Научный руководитель И.В. Горбунов, м.н.с. ИСИБ

г. Томск, ТУСУР, www.maksi123@gmail.com, evgenyrsk7@gmail.com

Сервисы для удаленного хранения и синхронизации данных очень удобны, но чтобы не волноваться о конфиденциальности данных, можно использовать специализированные приложения для шифрования, при разработке которых одним из важных этапов является выбор сетевого протокола аутентификации.

В данной работе на основе материалов учебников и статей [1–5] в таблице представлены достоинства и недостатки каждого из рассматриваемых протоколов.

Алгоритмы представлены в хронологическом порядке. Достоинства и недостатки последующих протоколов указаны относительно предыдущих (таблица).

Сравнение протоколов аутентификации

Название протокола	Достоинства	Недостатки
1	2	3
PAP (Password Authentication Protocol)	Простая проверка подлинности	Данные клиента передаются в открытом виде
CHAP (Challenge Handshake Authentication Protocol)	Пароль не передаётся в открытом виде	Хранение паролей в открытом виде
	Использование криптографической хэш-функции MD5	Не поддерживает взаимную аутентификацию
MS-CHAP, NTLM v1	Пароль (секретный ключ) хранится в зашифрованном виде, а не в текстовом	Шифрование ответа LM-хэша, применяемое для обратной, криптографически уязвимо
		Шифрование изменения пароля LAN Manager криптографически уязвимо
		Не поддерживает взаимную аутентификацию
		Для одного пароля, создается один и тот же ключ шифрования
		Для данных, пересылаемых по подключению в обоих направлениях, используется единый ключ шифрования
MS-CHAP v2	Не поддерживает ответы, закодированные по схеме LAN Manager	Ограничение на длину пароля в 14 символов, который в свою очередь разбивается на 2 последовательности по 7 символов
	Не поддерживает передачу изменений паролей, закодированных по схеме LAN Manager	Использование DES из-за малой длины ключа
	Поддерживает двустороннюю проверку подлинности	
	Каждый раз, когда пользователь подключается с тем самым паролем, используется другой ключ	
	Используются отдельные ключи шифрования, которые генерируются для передаваемых и получаемых данных	

Продолжение таблицы

1	2	3
NTLM v2	Использование хэши-кода аутентификации сообщений HMAC	
	Не поддерживается метод шифрования DES	
Kerberos	Аутентификация производится за счет проверки удостоверения (мандаты), представленного клиентом, который действует на протяжении всего сеанса работы в сети	KDC (центр распределения ключей) может являться единой точкой отказа
	Взаимная аутентификация	К KDC предъявляются жесткие требования масштабируемости
	Делегированная аутентификация	Секретный ключ временно хранится на рабочей станции пользователя
	Упрощенное управление доверительными отношениями	Сеансовый ключ хранится на рабочей станции пользователя в открытом виде в кэше или таблице ключей
	В основе протокола Kerberos стандартные спецификации, рекомендованные группой IETF, что обеспечивает совместимость	Kerberos не защищает сетевой трафик
		Требует синхронизации системных часов на всех клиентах и серверах

Заключение. В результате сравнения рассмотренных сетевых протоколов аутентификации для сервисов удаленного хранения и синхронизации данных был выбран наиболее надежный, коим является Kerberos. Данный протокол требует участия третьего доверенного лица (KDC), подтверждающего личность клиента по запросу сервера и предоставляющий ключи для установления между ними защищенного соединения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Афанасьев А.А., Веденьев Л.Т., Воронцов А.А. и др. Аутентификация. Теория и практика обеспечения безопасного доступа к информационным ресурсам: учеб. пособие для вузов / Под ред. А.А. Шелупанова, С.Л. Груздева, Ю.С. Нахаева. М.: Горячая линия – Телеком, 2009. С. 57–79.
2. Смит Ричард Э. Аутентификация: от паролей до открытых ключей / Пер. с англ. М.: Вильямс, 2002. 432 с.
3. Протокол сетевой аутентификации Kerberos 5 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ixbt.com/comm/kerberos5.shtml> (дата обращения: 26.02.2015).
4. NTLM в корпоративных сетях [Электронный ресурс]. URL: <http://securityvulns.ru/articles/ntlm/> (дата обращения: 19.02.2015).
5. Старые протоколы Windows: как с ними бороться // Хакер [Электронный ресурс]. Электрон. журн. 2004. URL: <https://xakep.ru/2004/10/29/24505/> (19.02.2015).

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ САМООЦЕНКИ СООТВЕТСТВИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ООО «ГАЗПРОМ ТРАНСГАЗ ТОМСК» ПО ТРЕБОВАНИЯМ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ В ОБЛАСТИ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ

Р.В. Коновалов, студент каф. КИБЭВС

Научный руководитель С.В. Кирсанов, зам. начальника отдела СКЗ

ООО «Газпром Трансгаз Томск»

г. Томск, ТУСУР, konovalovrv1992@gmail.com

Одним из способов оценки защищенности информационной системы является её самооценка. Проведение самооценки позволяет выявить слабые стороны защиты информации и определить направление работ по улучшению уровня информационной безопасности. Эту задачу удобнее, быстрее и эффективнее выполнять с помощью специализированного ПО. Существующие на рынке системы слабо подходят под нужды конкретной организации, так как не учитывают специфики, структуры нормативных документов. Поэтому возникает необходимость разработки такого программного обеспечения, которое бы могло адаптироваться под нужды конкретной организации и распространяться по свободной лицензии.

Цель данной работы – разработка программного обеспечения для проведения внутреннего аудита информационной безопасности ООО «Газпром трансгаз Томск».

Первая этап, разработка базы данных, состоит из двух этапов: проектирование БД и создание БД. Проектирование включает в себя:

- системный анализ предметной области;
- анализ данных и построение модели данных.

Создание БД в памяти ЭВМ происходит в среде определенной СУБД и состоит из:

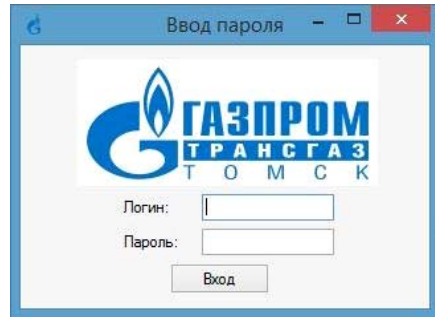
- создания структуры базы данных;
- заполнения базы данными.

Одним из этапов является разработка реляционной модели. Модель данных описывает некоторый набор родовых понятий и признаков, которыми должны обладать все конкретные СУБД и управляемые ими базы данных, если они основываются на этой модели. Наличие модели данных позволяет сравнивать конкретные реализации, используя один общий язык [2].

Данная БД была реализована при помощи СУБД Microsoft SQL Server 2012 [3].

На втором шаге рассматривается создание авторизации пользователя (рис. 1), простого графического интерфейса пользователя и добавление к нему несложной серверной функциональности.

Рис. 1. Авторизация пользователя



В самой программе реализовано хранение и редактирование нормативных документов общества. Реализован обычный и расширенный режим работы. Отличие расширенного режима в том, что учитывается степень документированности требований ИБ.

Осуществив запуск программы и пройдя авторизацию [1], видно главное окно. Для начала работы необходимо загрузить имеющуюся базу данных. Также реализована функция редактирования баз данных, для этого служит окно «Редактирование базы документов», доступное из пункта «Файл» в главном меню.

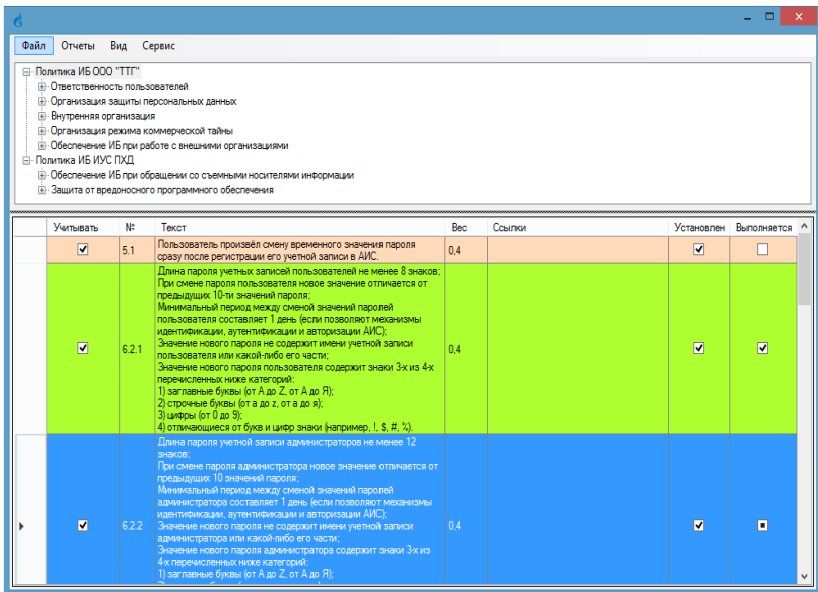


Рис. 2. Главная страница программы после загрузки базы данных и выбора документа, по которому осуществляется аудит

Следующим шагом является проведение проверки. Для этого в верхней части главного окна выбирается корневой элемент, следующим этапом – область действия, и в заключение документ, по которому осуществляется аудит (рис. 2). После выбора документа в центральной части окна появляется список требований с удельными весами, ссылками на руководящие документы и колонками степени документированности, выполнения и учёта. Пользователь последовательно заполняет данный опросник в соответствии с реальной ситуацией на проверяемом объекте [4, 5].

Заключение. На основе написанной программы акты, которые после проведения оценки объекта формировались на бумагах, теперь же в большом объеме хранятся и обрабатываются в базе данных, и практически не занимают места хранения. А также при помощи автоматизации данных, экономит время и не сокращается допуск ошибок персоналом.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Библиотека MSDN*. Справочник. [Электронный ресурс]. URL: <http://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/> (дата обращения: 02.02.2015).
2. *Методология проектирования БД* [Электронный ресурс]. URL: <http://database.ucoz.com/index/0-8> (дата обращения: 26.01.2015).
3. *Вийера Р.* Программирование баз данных Microsoft SQL Server 2008: Базовый курс. М., 2008. 816 с.
4. *Нильсон П.* SQL Server 2005 Библия пользователя. М., 2008. 1228 с.
5. *Фленов М.Е.* Библия C#. 2-е изд., перераб. и доп. М., 2011. 560 с.

ОБЪЕДИНЕНИЕ ЛОКАЛЬНЫХ СЕТЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КРИПТОГРАФИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

А.В. Косьянов, студент каф. ПрЭ

Научный руководитель С.Г. Михальченко, зав. каф. ПрЭ, д.т.н.

г. Томск, ТУСУР, student_fet@mail.ru

В наше время информационные технологии заняли лидирующее положение во всех областях производственной деятельности. Потребность в ИТ испытывают более 95% организации различных сфер деятельности, в частности, применение таких технологий обусловлено потребностью в организации связи между различными устройствами и рабочими местами, для совместного пользования и обмена информацией, таким образом, данная потребность представляет собой организацию локальных вычислительных сетей. Локальные вычислительные сети

организуют как взаимосвязь устройств внутри предприятия, так и связь между несколькими территориально удаленными офисами, посредством сети Интернет. Объединение нескольких удаленных офисов в одну сеть позволяет обеспечить простоту и эффективность в процессе передачи и обработки информации, а также повышение защиты от несанкционированного доступа к информации.

Для объединения сетей используется несколько способов организации соединения:

- С использованием услуг интернет-провайдера, используя аппаратно-программные комплексы, предоставляемые провайдерами.

- Используя собственное оборудование, находящееся в главном офисе и филиалах компании.

Для объединения локальных сетей нескольких офисов применяют технологию виртуальных частных сетей – VPN (Virtual Private Network). Тип данной технологии предназначен для защиты информации, которая передается по компьютерным сетям.

Для объединения двух сетей используют методы, называемые «peer to peer VPN» или «site to site VPN». Таким образом, между двумя объединяемыми сетями образуется режим «прозрачного шифрования». Передача и шифрование данных организуются чаще всего с использованием протокола IPSec. Стандарт IPSec был разработан для повышения безопасности IP-протокола.

Когда нескольким офисам необходимо связаться с одним и тем же центральным офисом, будет создано три VPN-туннеля к этому офису. Таким образом, точка доступа к центральному офису относительно трех других может являться одной и той же, благодаря тому, что узел может проводить шифрование данных от имени всей сети, таким образом организовывая соединение типа «site to site VPN». В этом случае узел, организующий доступ к сети, будет называться VPN-шлюзом, а домен за ним – доменом шифрования. Таким образом, зашифрованные данные поступают строго до VPN-шлюза, после чего проходят расшифровку и отправку на соответствующее устройство в расшифрованном виде. Однако VPN-соединение не имеет стопроцентную защиту от перехвата информации и несанкционированного доступа к информации, в связи с этим в объединяемых сетях используют дополнительные аппаратно-программные комплексы, увеличивающие надежность и безопасность соединения. Примером такого комплекса может являться криптошлюз.

Криптошлюз, или криптомаршрутизатор, – аппаратно-программный комплекс криптографической защиты информации на основе шифрования протоколов по протоколам IPSec AH и IPSec ESP при ус-

тановлении соединения. Криптошлюз используется для обеспечения информационной безопасности организации.

Криптошлюзы представлены как в сегменте VPN-устройств, так и в сегменте унифицированных устройств (UTM), объединяющих несколько средств безопасности в одном.

Отличие криптошлюзов от обычных VPN-маршрутизаторов заключается в том, что они работают на основе протокола IPSec и обеспечивают защиту информации, передаваемой по каналам связи, используя алгоритмы, которые отвечают требованиям российских криптографических стандартов (ГОСТ 28147–89 и ГОСТ Р 34.10–2001).

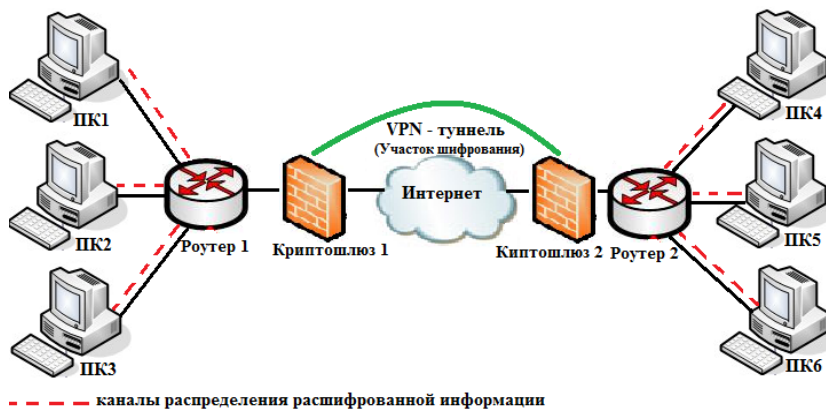


Рис. 1. Организация VPN канала с использованием криптошлюза

На рис. 1 изображена организация объединения сетей с использованием криптошлюза. Как видно из рисунка, криптошлюз выполняет роль VPN-шлюза, одновременно производя шифрование и расшифровку трафика, тем самым обеспечивая безопасность передаваемой информации.

Настройки производятся с помощью предварительно установленного программного обеспечения, входящего в комплект устанавливаемого аппаратно-программного комплекса.

Настройки для АПКШ «Континент» 3.6 – сервера:

- IP-адрес – адрес криптооборудования, которое является клиентским;
- время ожидания соединения, с, – время установки соединения.

Настройки АПКШ «Континент» 3.6 – клиента:

- IP-адрес – адрес крипто оборудования, которое является сервером;
- время ожидания соединения, с, – время установки соединения;

– считыватель ключей – выбор устройства хранения ключей шифрования.

Таким образом, организация объединения нескольких сетей нуждается в дополнительном шифровании, благодаря чему повышается уровень информационной безопасности в сети. Создание VPN-туннеля между двумя сетями значительно облегчает процесс обмена и обработки информации между филиалами одной организации, а использование криптографического оборудования (криптошлюза) в качестве VPN-шлюза одновременно решает проблемы организации объединения нескольких сетей, а также повышает безопасность сети в качестве дополнительного шифрования передаваемой информации.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Михальченко С.Г., Иванов В.В.* Компьютерные системы и сети: учеб.-метод. пособие. Томск: ТУСУР, 2011. 66 с.
2. *Закер К.* Компьютерные сети. Модернизация и поиск неисправностей. СПб.: БХВ-Петербург, 2001. 1008 с.
3. *Минаев И.Я.* Локальная сеть своими руками: Самоучитель. М.: Технологии, 2004. 368 с.
4. *Сергеев А.П.* Офисные локальные сети: Самоучитель. М.: Вильямс, 2006. 320 с.

АТТЕСТАЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПО ТРЕБОВАНИЯМ БЕЗОПАСНОСТИ ИНФОРМАЦИИ

А.В. Котенко, студент каф. КИБЭВС

*Научный руководитель Р.В. Мецзяков, профессор каф. КИБЭВС, д.т.н.
г. Томск, ТУСУР, kav@security.tomsk.ru*

Аттестация автоматизированной системы (АС) состоит из нескольких основных этапов: определение требований к уровню защищенности системы, создание и согласование программы и методики испытаний, проведение испытаний, написание заключения и выдача аттестата соответствия в случае положительного заключения.

Проанализировав принципы и правила проведения аттестационных испытаний (АИ), можно создать шаблоны для документов, получаемых при создании и выдаче аттестата соответствия.

Аттестация по требованиям безопасности информации. Для того чтобы можно было допустить АС до обработки защищаемой информации, в Российской Федерации введена процедура проведения аттестации объектов информатизации по требованиям безопасности информатизации. Данную процедуру проводит орган по аттестации (для государственной тайны) или лицензиат ФСТЭК, имеющий лицен-

зию на деятельность по технической защите конфиденциальной информации и распространяющуюся на аттестационные испытания и аттестация на соответствие требованиям по защите информации (п. 4.г [1]). По итогам проведения аттестации выдается аттестат соответствия требованиям по защите информации.

Основной документ, регламентирующий проведение аттестационных испытаний, – это «Положение по аттестации объектов информатизации по требованиям безопасности информации», утвержденный председателем Гостехкомиссии России 25.11.1994 г. Это положение «устанавливает основные принципы <...> и порядок проведения аттестации, а также контроля и надзора за аттестацией и эксплуатацией аттестованных объектов информатизации» (п. 1.1), а также вводится официальное определение аттестации (п. 1.4).

Порядок проведения аттестационных испытаний. Проведение аттестационных испытаний делится на несколько основных этапов:

1) составление и согласование программы и методики проведения испытаний;

2) проведение непосредственно испытаний на объекте;

3) выдача заключения по результатам испытаний и при положительном результате – выдача аттестата соответствия.

Разработка документов для выдачи аттестата соответствия.

На данном этапе создается документ, определяющий перечень всех испытаний, которые должны быть проведены на объекте информатизации. Они делятся на: экспертно-документальный метод, измерение и оценка уровней защищенности для отдельных технических средств и каналов утечки информации, проверка функций систем защиты информации от НСД с помощью тестирующих средств и пробного запуска, попытки «взлома» систем защиты информации, проверка программной совместимости и корректности функционирования всего комплекса СВТ и установленных СЗИ.

Также в данном документе определяются сроки проведения испытаний, состав комиссии, которая будет проводить аттестационные испытания (с обязательным указанием лицензии организации-исполнителя), перечень технических и программных средств, с помощью которых будут проводиться испытания, перечень нормативных документов, на основании которых будут проводиться испытания, описание самого объекта информатизации (расположение, состав основных и вспомогательных средств и систем), перечень документов для анализа на актуальность и достаточность.

Программа и методика испытаний разрабатываются Исполнителем и согласуется с Заказчиком, так как Заказчик должен будет свое-

временно предоставлять Исполнителю доступ к объекту информатизации для проведения испытаний.

Аттестационные испытания для автоматизированных систем делятся на две основные части – это оценка защищенности системы от утечки информации по техническим каналам (ПЭМИН) и испытание системы на соответствие требованиям по защите информации от несанкционированного доступа. Для проведения испытаний Исполнитель выезжает на объект в заранее согласованное время, чтобы провести все необходимые действия на месте эксплуатации объекта информатизации. При оценке защищенности системы от утечки информации по техническим каналам используется специальное оборудование, с помощью которого осуществляется проверка автоматизированной системы на возможность утечки защищаемой информации по техническим каналам.

Испытания на соответствие требованиям по защите информации от несанкционированного доступа проводятся для того, чтобы определить, соответствует ли аттестуемый объект информатизации требованиям по защите информации от несанкционированного доступа, предъявляемых для данной системы в данном случае. Чаще всего к автоматизированной системе предъявляются требования в соответствии с [2], однако к системе могут предъявляться и иные требования, в зависимости от специфики работы АС.

Проведя все необходимые испытания, аттестационная комиссия делает заключение о соответствии АС требованиям по безопасности информации. В случае, если по результатам испытаний система не соответствует каким-либо предъявленным требованиям, в заключении указываются рекомендации по устранению найденных недостатков. Если же АС соответствует всем предъявляемым требованиям, то данное заключение является основанием для выдачи аттестата соответствия для данной системы.

Аттестат соответствия является официальным документом, удостоверяющим, что автоматизированная система соответствует требованиям по безопасности информации, и разрешающим обработку конфиденциальной или секретной информации на АС, выдается на 3 года, в течение которых необходимо обеспечение неизменности условий функционирования АС, неизменности программной среды, а также сохранение состава основных и вспомогательных технических систем и средств. В случае каких-либо изменений, связанных с АС, организация-заказчик обязана известить лицензиата ФСТЭК, выдавшего аттестат, для приостановки действия аттестата и возможной повторной аттестации. По истечении срока действия необходима переаттестация объекта информатизации.

Заключение. Поскольку работы для выдачи аттестата соответствия зачастую похожи, проведенный анализ позволил получить типовые шаблоны документов, необходимых для выдачи аттестата соответствия. Несмотря на то, что существует достаточно много вариантов функционирования автоматизированных систем, шаблоны можно модифицировать для текущих нужд.

ЛИТЕРАТУРА

1. *О лицензировании деятельности по технической защите конфиденциальной информации:* Постановление Правительства Российской Федерации от 3 февраля 2012 г. №79 г. Москва // Российская газета. 2012. №859 (13 февр.).
2. *Автоматизированные системы. Защита от несанкционированного доступа к информации. Классификация автоматизированных систем и требования по защите информации:* Руководящий документ, утвержденный решением председателя Государственной технической комиссии при Президенте Российской Федерации от 30 марта 1992 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ И ТЕХНОЛОГИЙ АУТЕНТИФИКАЦИИ В КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМАХ

Д.Р. Котенко, студент каф. КИБЭВС

*Научный руководитель Р.В. Мецержаков, профессор каф. КИБЭВС, д.т.н.
г. Томск, ТУСУР, ФБ, ndr@security.tomsk.ru*

В любой автоматизированной системе, где производится обработка конфиденциальной информации, должна быть реализована подсистема защиты от несанкционированного доступа (НСД). Однако злоумышленник все же может осуществить НСД, воспользовавшись такой уязвимостью, как человеческий фактор (халатность или рассеянность сотрудников организации). Поэтому в рамках данной работы рассматривались методы и технологии идентификации и аутентификации пользователя в системе для нахождения способа уменьшения возможности реализации несанкционированного доступа злоумышленника в систему.

Идентификация и аутентификация в компьютерных системах.

Для предотвращения несанкционированного доступа в систему со стороны злоумышленника легальные пользователи, прежде чем получить доступ в систему, в обязательном порядке должны проходить процедуру идентификации и аутентификации.

Процедура идентификации включает в себя процедуру распознавания системой предъявленного пользователем идентификатора и поиска его среди ранее зарегистрированных в системе [1]. Если поиск предъявленного пользователем идентификатора прошел успешно, то

далее ему необходимо пройти аутентификацию в системе. Аутентификация представляет собой процедуру проверки подлинности заявленного субъекта доступа, тем самым осуществляется контроль процедуры идентификации [2].

Выделяют следующие факторы аутентификации:

- 1) на основании того, что знает субъект (1-й фактор);
- 2) на основании того, чем обладает субъект (2-й фактор);
- 3) на основании того, чем является субъект (3-й фактор).

В компьютерных системах в роли идентификатора пользователя выступает его имя в системе. Чтобы подтвердить свою подлинность и войти в систему, пользователю необходимо пройти процедуру аутентификации. При аутентификации в компьютерных системах используется как однофакторная аутентификация, так и двухфакторная.

Идентификационная информация в мобильных телефонах.

Несмотря на то, что в современном мире существует довольно-таки большой выбор устройств для осуществления двухфакторной аутентификации, что значительно усиливает защитные меры от несанкционированного доступа в систему, не стоит забывать про человеческий фактор, так как пользователь, отходя от компьютера, далеко не всегда осуществляет блокировку операционной системы, тем самым подвергая опасности данные, с которыми он только что работал.

Учитывая современные тенденции, количество пользователей мобильными телефонами достаточно велико, и люди практически не расстаются со своими мобильными устройствами. Также ввиду того, что мобильный телефон может содержать личную информацию пользователя в различных количествах и имеет большую ценность для владельца, он может выступать в роли личного идентификатора пользователя [3]. Относительно низким энергопотреблением при передаче данных характеризуется устройство, интегрированное в большинство сотовых телефонов, – Bluetooth-модуль. Таким образом, MAC-адрес Bluetooth-модуля можно использовать в качестве уникального идентификатора пользователя.

Предлагаемый алгоритм аутентификации. Для того чтобы пользователь мог осуществить доступ к системе, ему необходимо иметь при себе мобильный телефон с включенным Bluetooth-модулем.

Если пользователь и его мобильный телефон находятся в пределах зоны с требуемым уровнем сигнала, тогда пользователь может получить доступ в систему, а если мобильный телефон пользователя находится вне зоны с требуемым уровнем сигнала, тогда пользователю будет отказано в доступе. Имя пользователя и MAC-адрес Bluetooth-модуля его мобильного телефона должны быть внесены в базу данных системы аутентификации.

Система аутентификации периодически (период должен быть задан пользователем) анализирует в некотором радиусе MAC-адреса Bluetooth-устройств. Если MAC-адрес найденного устройства присутствует в базе данных, то запрашивается значение параметра RSSI (RSSI является показателем уровня мощности принимаемого сигнала, чем больше значение данного параметра, тем более мощным является сигнал [4]) для данного устройства. В случае если полученное значение параметра RSSI меньше заданного $RSSI'$, то доступ пользователю будет запрещен, а иначе – разрешен.

В процессе работы в системе система аутентификации должна периодически контролировать (период времени задается пользователем) наличие Bluetooth-устройства допущенного пользователя в заданном радиусе. Если устройство покинуло этот радиус (например, пользователь вышел из кабинета) – операционная система автоматически блокируется.

На рис. 1 показан порядок функционирования системы аутентификации.

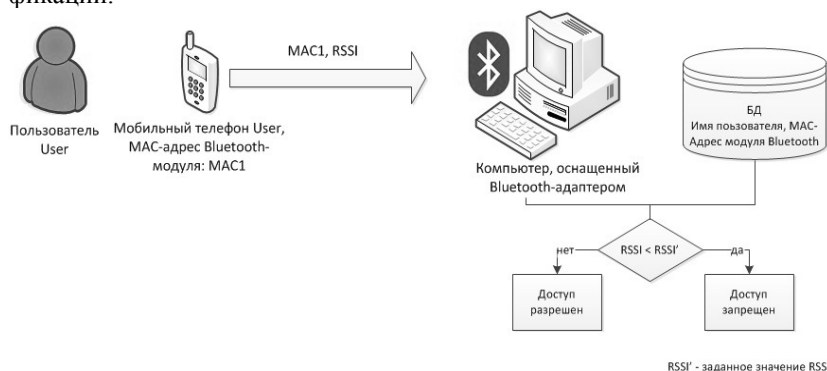


Рис. 1. Порядок функционирования системы аутентификации

Заключение. Поскольку несанкционированный доступ может произойти по вине пользователя компьютерной системы, существует необходимость усиления защиты посредством ввода дополнительных факторов аутентификации. Исследование методов и технологий аутентификации в компьютерных системах в рамках данной работы показало, что в качестве одного из дополнительных факторов можно ввести мобильный телефон пользователя, оснащенный модулем Bluetooth.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шаньгин В.Ф. Защита информации в компьютерных системах и сетях. М.: ДМК-Пресс, 2012. 529 с.
2. Афанасьев А.А., Веденьев Л.Т., Воронцов А.А. Аутентификация. Теория и практика обеспечения безопасного доступа к информационным ресурсам:

учеб. пособие для вузов / Под ред. А.А. Шелупанова, С.Л. Груздева. М.: Горячая линия – Телеком, 2009. 552 с.

3. *Смартфоны* (рынок России) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.tadviser.ru/index.php/> (дата обращения: 3.03.2015).

4. *Erik Dalgren, Hasan Mahmood*. Evaluation of indoor positioning based on Bluetooth® Smart technology // Department of Computer Science and Engineering, Sweden, June, 2014.

МОДЕЛЬ ПОДСИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ ОБЪЕКТА ИНФОРМАТИЗАЦИИ

А.А. Загородников, С.В. Козлов, студенты каф. РЗИ

Научный руководитель А.П. Кишнякин, доцент каф. РЗИ

г. Томск, ТУСУР, kozlov.serj.v@gmail.com

*Проект ГПО РЗИ-1101 «Нелинейно-оптические эффекты
в системах передачи и обработки информации»*

В соответствии с ГОСТ Р 53114–2008 [1] основополагающим объектом защиты информации на предприятии является объект информатизации (ОИ). При этом определение объекта информатизации формулируется как совокупность информационных ресурсов, средств и систем обработки информации, используемых в соответствии с заданной информационной технологией, а также средств их обеспечения, помещений или объектов (зданий, сооружений, технических средств), в которых эти средства и системы установлены, или помещений и объектов, предназначенных для ведения конфиденциальных переговоров.

В соответствии с ранее предложенной разработкой [2] модель ОИ представлена на рис. 1.



Рис. 1. Модель объекта информатизации

Очевидно, основополагающими являются два вида ОИ, это объекты информатизации, реализующие информационные технологии (ИТ) с использованием технических средств и систем (ТСС), и ОИ, предна-

значенные для ведения конфиденциальных переговоров. Они включают всю совокупность типов реальных объектов защиты, таких как объект вычислительной техники (ОВТ), информационная система персональных данных (ИСПДн), информационно-телекоммуникационная сеть (ИТКС), выделенное или защищаемое помещение (ВП/ЗП) и др. Однако в настоящее время в отношении каждого из представленных типов ОИ на законодательном и нормативно-правовом уровнях формируются самостоятельные решения по технической защите информации, что создает значительные затруднения в системном решении задач защиты информации. В связи с этим в целях оптимизации обеспечения информационной безопасности объектов защиты очевидна целесообразность постановки задачи о разработке универсальных моделей подсистем технической защиты информации (ПТЗИ) на уровне каждого из двух основополагающих видов ОИ.

Основой для решения поставленной задачи может служить разработанная ранее модель защиты информации (ЗИ) (рис. 2) [3]:

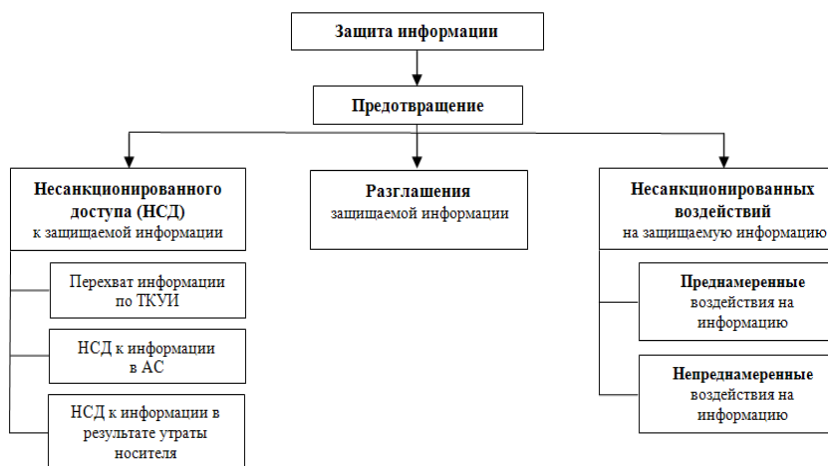


Рис. 2. Модель защиты информации

На основе анализа модели защиты информации с учетом материалов учебного пособия [4], модель ПТЗИ ОИ, реализующих ИТ с использованием ТСС обоснованно представлена на рис. 3.

Здесь АС – автоматизированная система, ТКУИ – технические каналы утечки информации.

На основе анализа модели защиты информации с учетом [4] модель ПТЗИ ОИ, предназначенная для ведения конфиденциальных переговоров, представлена на рис. 4.

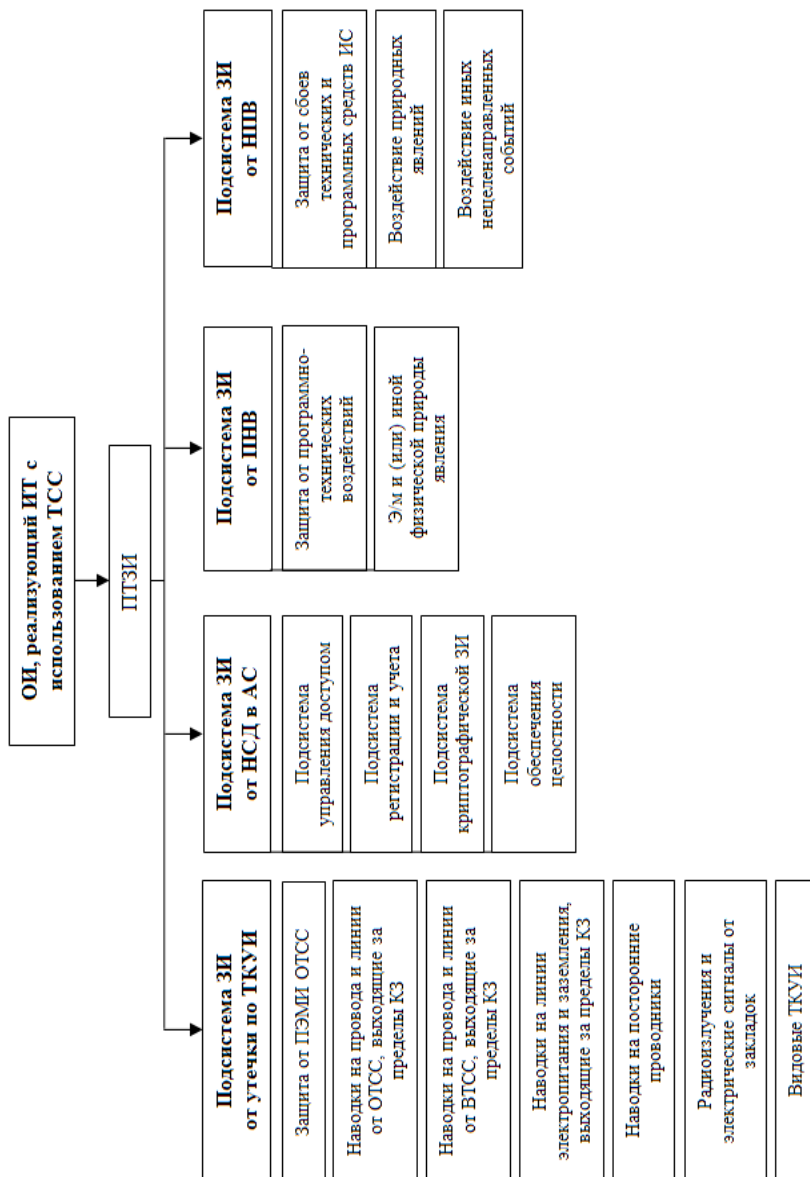


Рис. 3. Модель ПТЗИ ОИ, реализующих ИТ с использованием ТСС

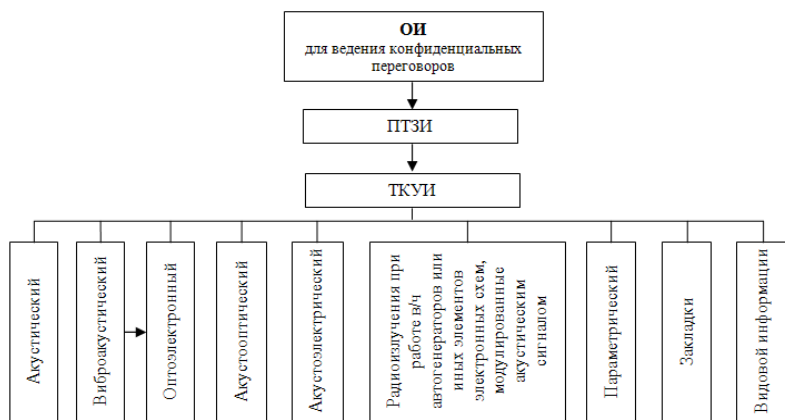


Рис. 4. Модель ПТЗИ ОИ, предназначенных для ведения конфиденциальных переговоров

Разработанные модели ПТЗИ ОИ решают поставленную в исследовании задачу, являются универсальными и позволяют системно решать задачи технической защиты информации любого типа объектов информатизации.

ЛИТЕРАТУРА

1. *ГОСТ Р 53114–2008. Защита информации. Обеспечение информационной безопасности в организации. Основные термины и определения* [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://protect.gost.ru/default.aspx>, (дата обращения: 05.03.15).
2. *Загородников А.А., Козлов С.В. Модель объекта защиты информации* // Конференция участников ГПО ТУСУР 2014 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://gpo-conference.tusur.ru/conference/2014/themes/99/projects/571/discourses/654> (дата обращения: 05.03.15).
3. *Загородников А.А., Козлов С.В. Модель защиты информации* // Конференция участников ГПО ТУСУР–2014 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://gpo-conference.tusur.ru/conference/2014/themes/99/projects/571/discourses/653> (дата обращения: 05.03.15).
4. *Бузов Г.А., Калинин С.В., Кондратьев А.В. Защита от утечки информации по техническим каналам: учеб. пособие.* М.: Горячая линия – Телеком, 2005. 416 с.

УСИЛЕНИЕ МЕР ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В УФС ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ, ФИЛИАЛЕ ФГУП «ПОЧТА РОССИИ»

Я.К. Кротов, студент каф. КИБЭВС

*Научный руководитель А.Н. Пеньков, руководитель ОИТ
УФС Томской области, филиала ФГУП «Почта России»
г. Томск, ТУСУР, SertyRUS@gmail.com*

В связи с обращением УФС Томской области – филиала ФГУП «Почта России» специалистами УФСБ России по Новосибирской области было проведено контрольно-техническое мероприятие по оценке защищенности информации в информационно-телекоммуникационной системе филиала «Почта России».

Целью контрольно-технического мероприятия по оценке защищенности информации являлось определение технических возможностей по проведению компьютерных атак на ресурсы информационно-телекоммуникационной системы, поиск следов функционирования программных средств скрытого информационного воздействия и выявление возможных каналов получения несанкционированного доступа к обрабатываемой в данной системе информации.

При проведении контрольно-технического мероприятия по оценке защищенности использовались специализированные программно-аппаратные комплексы тестирования информационно-телекоммуникационной системы. Подключение к информационно-телекоммуникационной системе осуществлялось без авторизованного доступа к внутренним ресурсам.

Контрольно-техническое мероприятие по оценке защищенности показало, что филиал «Почта России» не соответствует требованиям в области информационной безопасности. Поэтому цель работы – усиление мер по обеспечению информационной безопасности в УФС Томской области, филиале ФГУП «Почта России».

По результатам проведенного исследования были осуществлены поиск нарушений в области информационной безопасности и выбор рекомендуемых мер по устранению этих нарушений в соответствии с нормативными документами УФС Томской области, филиала ФГУП «Почта России». Результаты представлены в табличной форме, содержащие следующую информацию: нарушение, меры по его устранению, ссылка на соответствующий документ.

На основании найденных нарушений в области информационной безопасности были определены актуальные угрозы и их последствия для УФС Томской области – филиала ФГУП «Почта России», кото-

рые также представлены в табличной форме, содержащие следующую информацию: нарушение, возможные угрозы, последствия этих угроз.

Далее был составлен перечень локальных информационных систем персональных данных УФПС Томской области – филиала ФГУП «Почта России». В этот перечень входят: ИСПДН «Бухгалтерского и кадрового учета» и ИСПДН «Коммерческого учета объектов почтовой связи», в результате чего был определен перечень автоматизированных систем, входящих в локальные информационные системы персональных данных, группы обрабатываемых персональных данных, классификация по обрабатываемым субъектам персональных данных типа актуальных угроз, количество субъектов персональных данных в системе, требования уровня защищенности.

После составления перечня локальных информационных систем персональных данных УФПС Томской области, филиала ФГУП «Почта России» для них были определены базовые и дополнительные меры для обеспечения требований уровня защищенности на основании выбранного уровня защищенности.

Также в ходе выполнения работы была проведена проверка сетевого диска, т.е. «файловой помойки», на предмет наличия конфиденциальной информации. Проверка показала, что в открытом доступе содержится конфиденциальная информация, содержащая персональные данные и коммерческую тайну, а также установлены владельцы этих файлов. Результаты проверки «файловой помойки» были предоставлены руководителю ОИТ в табличной форме.

В заключение был составлен опросник для сотрудников и их руководителей ФГУП «Почта России» по вопросам информационной безопасности. И во исполнение приказа №239 от 28.10.2014 г. «Об усилении мер по обеспечению информационной безопасности» с 16 по 26.02.2015 г. сотрудниками кафедры КИБЭВС ФГБОУ ВПО ТУСУР Я.К. Кротовым и М.А. Мельниковым была проведена независимая проверка соблюдения требований информационной безопасности и требований по защите персональных данных в подразделениях УФС Томской области, филиала ФГУП «Почта России».

Основные критерии проверки – исполнение требований приказов ФГУП «Почта России»: №243, 91, 464 и 344.

Проверка осуществлялась в виде опроса и осмотра рабочих мест и станций сотрудников структурных подразделений ФГУП «Почта России». Опросник представлял собой перечень из 26 вопросов в области информационной безопасности.

В ходе дальнейшей работы предполагается разработка проекта системы защиты для информационной системы персональных данных

«Бухгалтерского и кадрового учета» УФПС Томской области – филиала ФГУП «Почта России».

ЛИТЕРАТУРА

1. *Федеральный закон* от 27.07.2006 № 149-ФЗ (ред. от 21.07.2014) «Об информации, информационных технологиях и о защите информации».

2. *Федеральный закон* от 27.07.2006 № 152-ФЗ (ред. от 21.07.2014) «О персональных данных».

3. *Постановление* Правительства РФ от 01.11.2012 № 1119 «Об утверждении требований к защите персональных данных при их обработке в информационных системах персональных данных».

4. *Приказ* от 18 февраля 2013 г. №21 «Об утверждении состава и содержания организационных и технических мер по обеспечению безопасности персональных данных при их обработке в информационных системах персональных данных»

5. *Приказ* №243-п от 24.06.2010 г. «Об утверждении документов, определяющих правила информационной безопасности при работе пользователей с информационными системами, ресурсами локальных вычислительных сетей и сетью Интернет на объектах почтовой связи».

6. *Приказ* №91-п от 15.03.2013 г. «Об утверждении регламентов, определяющих пароль и правила доступа в Интернет для информационных систем и рабочих станций».

7. *Приказ* №464-п от 11.11.2010 г. «Об утверждении Перечня сведений, составляющих коммерческую тайну и иную конфиденциальную информацию ФГУП «Почта России» и инструкции по обеспечению сохранности сведений, составляющих коммерческую тайну и иную конфиденциальную информацию».

8. *Приказ* №344 от 30.10.2012 г. «Об обработке персональных данных в ФГУП «Почта России».

9. *«Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Системы менеджмента информационной безопасности. Требования. ГОСТ Р ИСО/МЭК 27001–2006»* (утв. приказом Ростехрегулирования от 27.12.2006 № 375-ст).

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА «СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ»

И.С. Куренков, студент каф. КИБЭВС

Научный руководитель А.С. Ковтун, аспирант каф. КИБЭВС

г. Томск, ТУСУР, i.s.kurenkov@gmail.com

В последние годы одним из наиболее эффективных и цивилизованных подходов к решению задачи комплексной безопасности объектов различных форм собственности является использование систем контроля и управления доступом. Правильное использование СКУД позволяет закрыть несанкционированный доступ на территорию, в за-

ние, отдельные этажи и помещения. В то же время они не создают препятствий для прохода персонала и посетителей в разрешенные для них зоны [1].

Цель работы – восстановление стенда «Системы контроля и управления доступом» для проведения лабораторных работ для курса «Техническая защита информации». Задача стенда – дать знания о существующих системах контроля и управления доступом, способах их подключения и работе с ними [2].

В ходе работы было проведено практическое и теоретическое исследование различных компонентов СКУД. Были спроектированы и собраны две системы контроля и управления доступом на основе двух различных контроллеров. Проведены настройка и тестирование работы систем контроля и управления доступом. Был установлен турникет и настроена логика его функционирования. Спроектирована и создана перегородка, позволяющая пройти в аудиторию только через турникет.

На рисунках представлены схемы включения турникета (рис. 1), СКУД на основе контроллера Z-5R (рис. 2), и СКУД на основе Gate-4000 (рис. 3). Схемы включения выполнены таким образом, чтобы было наглядно отображено, какое устройство к какой клеммной панели и клемме подключено, сделано это для более понятного и быстрого монтажа оборудования систем контроля и управления доступом.

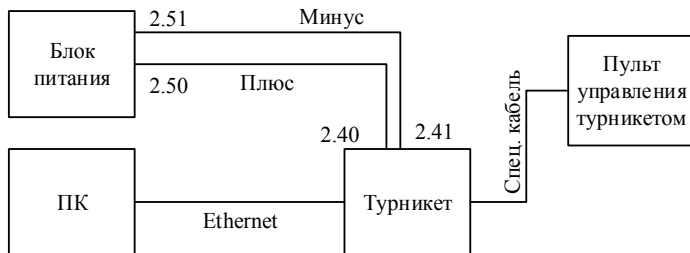


Рис. 1. Схема включения турникета

Было решено, что конструкция перегородки будет создаваться из металлических труб с крепежной фурнитурой, также перегородка должна быть перемещаемой, но с устойчивым креплением к полу, для этого должны быть дополнительные ножки с креплением к полу. Размеры должны соответствовать размерам турникета, высота должна быть до лопастей турникета, а длина и ширина должны преграждать проход в аудиторию (рис. 4).

Монтаж турникета и систем контроля и управления доступом на основе двух контроллеров Z-5R и Gate-4000 был осуществлены в полном соответствии с приведёнными выше схемами, настройка заключа-

Схема подключения датчика температуры и влажности Matrix-3E к контроллеру Z-5R. На схеме показаны соединения между блоком питания, кнопкой управления выходом цикла, считывателем Matrix-3E, контроллером Z-5R, блоком питания замка и электромагнитным замком ML-150. Подключения осуществляются по проводам с маркировкой: 1.20, 1.21, 1.39, 1.35, 1.37, 1.36, 2.33, 2.52, 2.32, 2.51, 2.52, 2.35, 2.52, 1.37, 2.37, 2.38, 2.19, 2.20. Полярность подключения указана как 'Плюс' и 'Минус'.

Схема подключения оборудования к ПК:

- Преобразователь Gate USB-485/422** (клеммы: 3.1 Минус, 3.2 А, 3.3 В, 3.4, 3.5, 3.6)
- Блок питания** (клеммы: 2.43 Плюс, 2.44 Минус)
- Кнопка управления выходом циклоп** (клеммы: 1.24 Кнопка, 1.25 Минус)
- Контроллер Gate 4000** (клеммы: 1.15 Центр, 1.16 Минус)
- Считыватель КТМ-Н** (клеммы: 1.40, 1.41)
- Электромеханический замок ПОЛИС-19** (клеммы: 1.6 Замок, 1.7, 1.19 Минус, 2.21, 2.22)

157

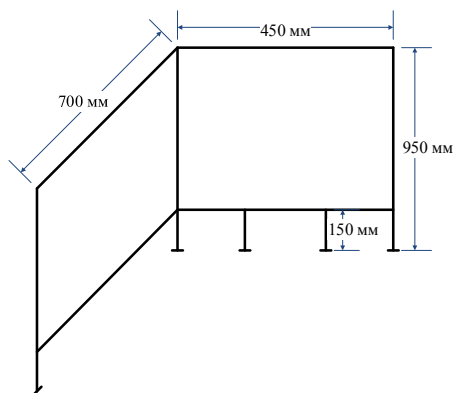


Рис. 4. План напольной перегородки

Цель работы – восстановление стенда «Системы контроля и управления доступом» – полностью достигнута, так как первые занятия студентов на восстановленном стенде проходят успешно.

Были спроектированы и собраны две системы контроля и управления доступом. Проведены настройка и тестирование работы СКУД. Был установлен турникет и настроена логика его функционирования, а также спроектирована и создана напольная перегородка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ворона В.А., Тихонов В.А. Системы контроля и управления доступом. М.: Горячая Линия – Телеком, 2010. 272 с.
2. Ковтун А.С., Мецераков Р.В., Сонькин М.А. Информационно-технические средства для обработки, передачи и хранения информации в системах безопасности: учеб.-метод. пособие для выполнения лабораторных работ. Томск: В-Спектр, 2014. 210 с.

КРИПТОМЕССЕНДЖЕР С МОДУЛЬНОЙ АРХИТЕКТУРОЙ

М.С. Лузин, А.Г. Рыжкова, студенты каф. АСУ

Научный руководитель А.А. Шелестов, доцент каф. АСУ, к.т.н.

г. Томск, ТУСУР, luzin-maxim@yandex.ru

В современном мире проблема защиты информации поставлена особенно остро. Сейчас практически невозможно найти передаваемую информацию, не закодированную тем или иным способом. Одним из путей решения проблемы защиты информации, а точнее – решения небольшой части вопросов, является криптографическое преобразование информации, или шифрование. В этом случае отправитель зашиф-

ровывает сообщение по какому-то алгоритму и ключу, а получатель его расшифровывает, причем для потенциальных захватчиков сообщение не будет иметь никакого смысла. Есть еще способ защищенной передачи сообщения, а именно сокрытие существования этого сообщения, который называется стеганографией. Но если сообщение будет перехвачено, его содержимое сразу же станет известно. По этой причине методы стеганографии и шифрования используются совместно [1].

С развитием Глобальной сети все больше пользователей стали общаться друг с другом на просторах Интернета. Но в период, когда заинтересованные лица отслеживают интернет-контент и личные данные пользователей, возрастает интерес к приложениям, которые обеспечивают безопасность передачи сообщений. Это и есть так называемые криптомессенджеры.

В данный момент представлено огромное количество мессенджеров, таких как Telegram, WhatsApp, Tox, Ricochet. Это абсолютно разные мессенджеры, которые имеют как плюсы, так и минусы. Например, у Telegram данные шифруются, но отправляются на сервер, где их можно перехватить и расшифровать. Или у Ricochet данные не отправляются на сервер, а передаются по схеме «луковой» маршрутизации, но, во-первых, безопасность этого приложения не подтверждена, а во-вторых, отсутствует возможность передачи изображений или аудиофайлов, в отличие от WhatsApp, которые в свою очередь, и вовсе не шифруют данные пользователя. Кажется, что Tox хорош, но и у него есть недостатки, например, он только в альфа версии [2]. Самый большой минус то, что в этих мессенджерах реализован один криптографический протокол, и при нахождении уязвимостей протокола его нельзя сменить. Это порождает огромные проблемы у пользователей. Таким образом, на рынке нет идеального мессенджера, придется выбирать, какой из критериев является приоритетным: защищенность или передача изображений и аудиовидеофайлов. Также хотелось бы обратить внимание, что ни один из представленных выше мессенджеров не скрывает сам факт отправки зашифрованного сообщения, например, с использованием стеганографических методов.

Целью данной работы является создание криптомессенджера с модульной архитектурой, то есть с возможностью добавления и замены протоколов и алгоритмов шифрования, таких как PGP, RSA, AES, DES. Дополнительной возможностью данного криптомессенджера является сокрытие зашифрованного сообщения с помощью методов стеганографии, например методом наименьшего значащего бита или LSB (Least Significant Bit).

При работе с данным криптомессенджером пользователю не придется каждый раз привыкать к новому интерфейсу приложения или

переживать из-за отсутствия требуемого функционала, он может просто сменить протокол или алгоритм.

Для реализации программы будет использоваться технология .NET, в частности язык C#. Это современный объектно-ориентированный язык программирования, предназначенный для написания больших многопоточных приложений.

Данный программный продукт может быть использован для учебных и образовательных целей, но главной его задачей является безопасная передача сообщений по сети.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Жуан Гомес*. Математики, шпионы и хакеры. Кодирование и криптография / Пер. с англ. Де Агостини. М., 2013. 144 с.
2. *Безопасные мессенджеры – заменят ли они Skype и WhatsApp?* Спасем мир словом: Официальный русский блог Лаборатории Касперского. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://blog.kaspersky.ru/criptomes-saging/3691/> (дата обращения: 11.03.2015).

АКУСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОРГАНА СЛУХА И ГОЛОСОВОЙ СИСТЕМЫ

М.А. Маркова, А.О. Барановская, студентки каф. ЗИ

*Научный руководитель Б.И. Филиппов, доцент каф. ЗИ, к.т.н.
г. Новосибирск, НГТУ, mma1205@rambler.ru*

В настоящее время активно развиваются компьютерные технологии, разрабатываются устройства и программы, позволяющие перехватывать информацию различного вида. Для того чтобы знать, как защитить звуковую информацию, необходимо хорошо понимать, как формируется звук в гортани человека, какие преобразования с ним происходят и, наконец, как происходит восприятие звука в ухе человека. Именно в этом мы попытаемся разобраться и предложить свою модель передачи информации, представленную в виде структурной схемы.

Рассмотрим слуховую систему. Наружное ухо состоит из ушной раковины и наружного слухового прохода. Границей наружного и среднего уха является барабанная перепонка. Среднее ухо залегает в толще височной кости и состоит из трех сообщающихся частей: барабанной полости; слуховой (евстахиевой) трубы, соединяющей барабанную полость с носоглоткой; пещеры с окружающими ее клетками сосцевидного отростка. Барабанная полость содержит цепь слуховых косточек (молоточек, наковальня, стремя), позволяющих осуществлять передачу звуковых колебаний с барабанной перепонки внутреннему уху. Внутреннее ухо (или лабиринт) залегает в глубине височной кос-

ти. Лабиринт состоит из улитки и полукружных каналов, содержащих в себе звуковоспринимающий аппарат и нервные клетки–рецепторы вестибулярного анализатора [1].

Теперь рассмотрим голосовую систему. Генерация энергии воздушного столба происходит в легких, которые представляют собой своеобразные меха, создающие поток воздуха при вдохе и выдохе за счет разницы атмосферного и внутрилегочного давления. Модуляция воздушного потока (за счет вибраций голосовых связок) и создание подглоточного избыточного давления происходят в гортани. Гортань – это клапан, который находится на конце трахеи (узкой трубки, по которой воздух поднимается из легких). Именно этот аппарат и используется в качестве голосового источника при речи и пении. Гортань образована из набора хрящей и мышц. Наиболее сложно устроен средний отдел гортани, в котором расположены парная мышечная перегородка (эластичный конус) и две пары складок. В толще нижних складок лежат голосовые связки, образованные эластическими волокнами, и мышцы. Голосовые связки натянуты между щитовидным и черпаловидным хрящами. Именно голосовые складки и являются основным источником голосообразования (вибратором). Между двумя парами складок находятся небольшие полости (желудочки гортани), которые играют роль акустических фильтров, уменьшая уровень высоких гармоник. Процесс образования звуков речи определяется движением (колебаниями) связок, что приводит к модуляции потока воздуха, выдыхаемого из легких. Такой процесс называется фонацией [1].

Таким образом, мы можем представить основные процессы образования и восприятия речи (рис. 1) [2].

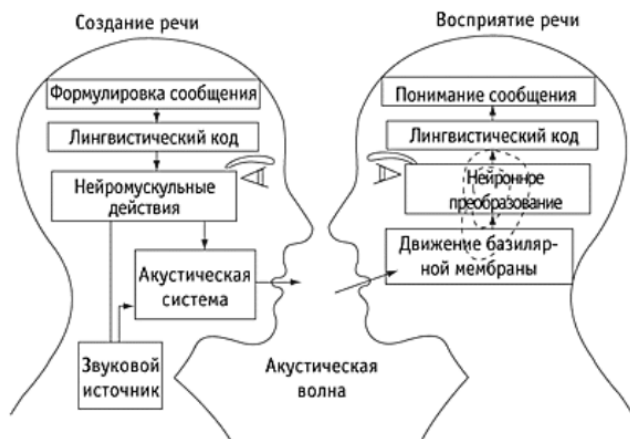


Рис. 1. Схема создания и восприятия речи

Теперь построим акустическую модель информации, представив показанные органы в виде структурной схемы (рис. 2) [3].

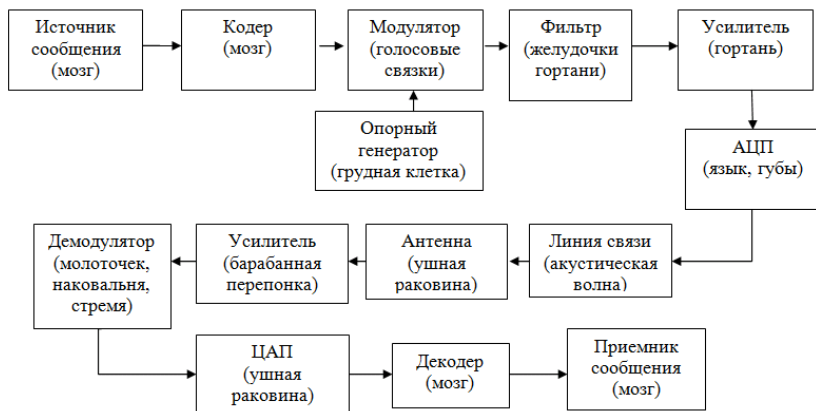


Рис. 2. Акустическая модель органа слуха и голосовой системы

Некоторое сообщение форсируется в мозге человека (его мысли) – источник сообщения. Это сообщение преобразуется в импульсы. Тем временем в легких формируется поток воздуха, который представляет собой опорный генератор, воздух поднимается вверх по гортани. Сначала голосовые связки преобразует данный поток с учетом поступившего закодированного сигнала от мозга. В желудочках гортани происходит фильтрация сигнала и в зависимости от силы потока воздуха наблюдается усиление сигнала. В цифроаналоговом преобразователе, т.е. в ротовой полости, с помощью губ и языка окончательно формируется звуковой сигнал (речь). На другом конце линии связи происходит прием сигнала следующим образом: ушная раковина, выступая в роли антенны, улавливает сигнал. На барабанную перепонку поступает звуковая волна и усиливается, а с помощью цепи слуховых косточек наблюдается демодуляция сигнала. Ушная раковина выступает в роли цифрового аналогового преобразователя и передает сигнал в мозг человека, сигнал декодируется и воспринимается сообщение.

Разработанная структурная схема может помочь в решении вопросов, связанных с защитой информации. Подобные модели могут быть использованы при разработке имитаторов (синтезаторов) звуковых сигналов подводных обитателей, например дельфинов. Это позволит скрыть наличие подводных технических объектов, таких как подводные лодки, подводная робототехника, что бывает необходимо в военных и исследовательских целях.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Привес М.Г.* Анатомия человека: учеб. лит-ра для студентов медицинских институтов / М.Г. Привес, Н.К. Лысенков, В.И. Бушкович. М.: Медицина, 1985. 672 с.
2. *Алдошина И.А.* Основы психоакустики [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.625-net.ru>, свободный.
3. *Филиппов Б.И.* Теория электрической связи: учеб. пособие. Новосибирск: Веди, 2011. 284 с.

СИСТЕМА ЗАЩИТЫ ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПЕРСОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ «КОММЕРЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ОБЪЕКТОВ ПОЧТОВОЙ СВЯЗИ» УФПС ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ, ФИЛИАЛА ФГУП «ПОЧТА РОССИИ»

М.А. Мельников, студент каф. КИБЭВС

*Научный руководитель А.Н. Пеньков, руководитель
ОИТ УФПС Томской области, филиала ФГУП «Почта России»
г. Томск, ТУСУР, qmatvey@gmail.com*

Важнейшими задачами обеспечения информационной безопасности является снижение риска, связанного с человеческим фактором (ненадежность паролей, сложность их выбора и смены, ошибки администрирования и т.п.). По оценкам компании IDC, аналитической фирмы, которая специализируется на исследованиях рынка информационных технологий, примерно 74% финансовых потерь связано с проблемами так называемого «человеческого фактора». Для сравнения, потери от вирусных и хакерских атак составляют соответственно 4 и 2%. Такие проблемы могут решаться, в том числе, обеспечением доверенных механизмов аутентификации в рамках комплексной защиты информации. Таким образом, построение защищенной системы включает в себя решение проблем аутентификации, авторизации и администрирования информационных систем.

В соответствии с требованиями закона №152-ФЗ оператор любой организации при обработке ПДн обязан принимать необходимые организационные и технические меры для защиты ПДн от неправомерного или случайного доступа к ним, уничтожения, изменения, блокирования, копирования, распространения ПДн, а также от иных неправомерных действий.

Документы, определяющие политику информационной безопасности в РФ, постоянно изменяются. За 7 лет с момента принятия 152-ФЗ:

- принято 11 Федеральных законов, вносящих изменения в 152-ФЗ;

- два раза в 152-ФЗ вносились существенные изменения и переносились сроки приведения информационных систем в соответствие;
- один раз 152-ФЗ был практически полностью переработан;
- два постановления Правительства об обработке без использования средств автоматизации (ПП687);
- два постановления правительства по автоматизированной обработке (ПП781, замененном на ПП1119).

По причине постоянного обновления таких документов операторы обязаны постоянно проводить мониторинг и корректировку информационной безопасности в информационной системе.

Таким образом, оператор обязуется постоянно следить за состоянием информационной безопасности в организации.

Была проведена проверка в виде опроса и осмотра рабочих мест и станций сотрудников структурных подразделений ФГУП «Почта России». Опросник представлял собой перечень из 26 вопросов в области информационной безопасности.

В результате проверки выяснилось, что проходная чаще всего не требует идентификации и открытия, пройти может любой потенциальный нарушитель. В качестве примера, студент, который проходит производственную практику, беспрепятственно попадает на территорию организации, сказав охраннику: «Я иду на практику» или «Мне назначена встреча». Практически у всех опрошенных сотрудников не соблюдается политика «чистого стола», а именно, некоторые сотрудники хранят на столе документы, которые им не нужны для работы в настоящий момент, а другие оставляют документы на столе, когда выходят из-за рабочего места.

Грубейшей ошибкой является несоблюдение политики «чистого экрана», а именно, сотрудники не блокируют рабочую станцию при выходе из-за компьютера даже на непродолжительное время, хотя рекомендуется устанавливать автоматическую блокировку хотя бы через 5 мин простоя. В некоторых отделах не обновляются антивирусные программы. Некоторые сотрудники не знают, что у них есть документы, регламентирующие правила и порядок работы в информационных системах, а если и знают, то не могут их предоставить. Сотрудники, которые работают с персональными данными, не знают, что включает в себя понятие «персональные данные», и что они именно с ними работают. Сотрудники не знают, что происходит с данными, с которыми они работают, по истечении срока действия. Почти во всех отделах отсутствует ответственный за организацию обработки данных (корректность данных, выявление ошибок и т.д.).

Для повышения эффективности работы сотрудников рекомендуется установить в каждом отделе видеокамеру, потому что некоторые сотрудники в рабочее время занимаются посторонними делами. Грубейшей ошибкой некоторых сотрудников является хранение паролей на бумажке, прилепленной к монитору, книжке или они спрятанны на рабочем месте. Пароль придумывают сами и хранят его в голове, следовательно пароль простой и легкий, не соответствующий требуемой сложности пароля (пароль менее 10 символов), один сотрудник сказал свой пароль «ЗИМУШКА». Не осуществляется периодичная смена паролей. Сотрудники в рабочее время посещают посторонние сайты (новостные ленты, развлекательные ресурсы, социальные сети и т.д.), что является недопустимым для работника. Некоторые сотрудники утверждают, что смотрят только погоду или курсы валют, но в истории браузера это никак не отражается, т.е. они ее чистят. Существует возможность установки дополнительного программного обеспечения на рабочую станцию.

Также был предложен и дополнен состав и содержание мер для обеспечения безопасности персональных данных в зависимости от уровня защищённости ИС. Перечень требований получен из общего списка требований 21-го приказа ФСТЭК.

В дальнейшем будут составлены техническое задание, технический проект, модель нарушителя, определение источников угроз, возможные каналы доступа к ресурсам ИС, определение показателя эффективности используемых средств защиты.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Федеральный закон от 27 июля 2006 года № 152-ФЗ «О персональных данных».*

2. *Постановление Правительства Российской Федерации от 01 ноября 2012 года № 1119 «Об утверждении требований к защите персональных данных при их обработке в информационных системах персональных данных».*

3. *Руководящий документ ФСТЭК России от 15 февраля 2008 г. «Базовая модель угроз безопасности персональных данных при их обработке в информационных системах персональных данных».*

4. *Руководящий документ ФСТЭК России от 15 февраля 2008 г. «Методика определения актуальных угроз персональных данных при их обработке в информационных системах персональных данных».*

5. *Приказ ФСТЭК России от 18 февраля 2013 г. № 21 «Об утверждении состава и содержания организационных и технических мер по обеспечению безопасности данных при их обработке в информационных системах персональных данных».*

6. *Приказ ФСТЭК России от 11 февраля 2013 г. № 17 «Об утверждении требований о защите информации, не содержащей государственную тайну, содержащейся в государственных информационных системах».*

КЛЮЧЕВЫЕ НОСИТЕЛИ С КРИПТОГРАФИЕЙ «НА БОРТУ»

Н.С. Михайлов, м.н.с. каф. КИБЭВС

*Научный руководитель А.А. Шелупанов, ректор ТУСУРа, д.т.н., профессор
г. Томск, ТУСУР, mns@udcs.ru*

Конфиденциальность секретных ключей является одним из главных условий функционирования всех существующих РКІ-систем (Public Key Infrastructure – инфраструктура открытых ключей) [1], а их хищение – одной из главных проблем. Самым эффективным решением этой проблемы является хранение закрытых ключей на носителях с криптографией «на борту». Операции хеширования и электронной подписи производятся внутри самого носителя, что позволяет не покидать ключам своего хранилища, тем самым минимизируя возможность кражи.

И если за рубежом уже давно используют носители (токены, смарт-карты) с неизвлекаемым закрытым ключом, то в России их внедрение сталкивается с серьезными трудностями. До недавнего времени на отечественном рынке просто отсутствовали сертифицированные носители ключевой информации с криптографией «на борту». Последние несколько лет стали прорывными для этой области – несколько ведущих компаний по производству ключевых носителей выпустили свои продукты, но теперь проблемой стало отсутствие систем, готовых работать с такими носителями, и программных продуктов по генерации ключей на них.

Разработкой систем занимаются операторы крупных порталов: электронные торговые площадки и органы власти. Первой и самой массовой системой, способной работать с такими носителями, стал портал государственных услуг Российской Федерации (<http://www.gosuslugi.ru/>).

У операторов РКІ-систем (например, удостоверяющих центров и банков) дела обстоят хуже. В существующих сертифицированных в России программно-аппаратных комплексах (ПАК), реализующих функции удостоверяющего центра, не реализована возможность по генерации ключей и записи сертификата электронной подписи на такие носители. Целью работы является изучение ключевых носителей с криптографией «на борту» для дальнейшей разработки программного комплекса, выполняющего эту функцию.

Для использования носителей с извлекаемым закрытым ключом требуется персональный компьютер (ПК) с установленным средством криптографической защиты информации (СКЗИ) (например, Крипто-Про CSP, ЛИССИ-CSP, ViPNet CSP). СКЗИ, получив закрытый ключ, реализует формирование и проверку электронной подписи согласно ГОСТ Р 34.10–2012, вычисление хэш-функции в соответствии с ГОСТ

Р 34.11–2012, выработку ключа парной связи по алгоритму Диффи–Хеллмана в соответствии с RFC 4357 и генерацию последовательности случайных чисел, используя вычислительные мощности компьютера. При этом электронный документооборот подвержен некоторой опасности со стороны злоумышленников.

Существуют риски компрометации закрытого ключа путём его хищения с памяти ключевого носителя или оперативной памяти, поскольку программные СКЗИ для совершения криптографических операций считывают закрытый ключ в оперативную память (рис. 1). Именно в этот момент программная закладка может получить доступ к закрытому ключу пользователя.



Рис. 1. Обмен информацией между ПК и токеном с извлекаемым закрытым ключом

Решением проблемы возможного хищения закрытого ключа из оперативной памяти в момент криптографического преобразования может являться использование отчуждаемых СКЗИ, выступающих также в качестве средства хранения ключевой информации. Закрытый ключ генерируется внутри устройства и никогда не покидает его памяти. Все операции по генерации/проверке электронной подписи (ЭП) и выработке сеансовых ключей шифрования производятся внутри токена. Токен реализует формирование и проверку электронной подписи, вычисление хэш-функции, выработку ключа парной связи и генерацию последовательности случайных чисел, используя вычислительные мощности самого носителя, а не ПК, как в первом случае (рис. 2), что повышает сохранность закрытого ключа.

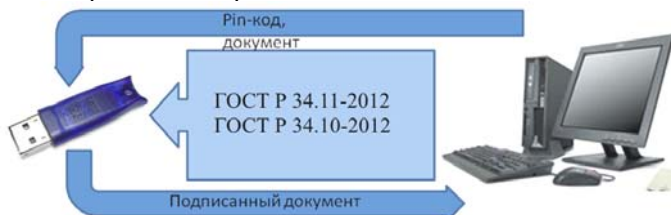


Рис. 2. Обмен информацией между ПК и токеном с неизвлекаемым закрытым ключом

Коротко о рассмотренных и протестированных сертифицированных в РФ ключевых носителях:

1. JaCarta ГОСТ [2] – это первое на российском рынке персональное средство усиленной квалифицированной электронной подписи с неизвлекаемым ключом, полностью соответствующее всем требованиям 63-ФЗ «Об электронной подписи» и Приказа ФСБ России № 796 к средствам ЭП. Выпускается в виде смарт-карты, USB- и Secure MicroSD-токена.

2. Рутокен ЭЦП [3] – электронный идентификатор с аппаратной реализацией российских стандартов электронной подписи, шифрования и хеширования. Обеспечивает безопасное хранение ключей ЭП во встроенной защищенной памяти без возможности их экспорта. Имеет сертификат ФСБ как СКЗИ класса КС2 и как средство ЭП в соответствии с № 63-ФЗ и сертификат ФСТЭК по 4-му уровню контроля отсутствия недеklarированных возможностей.

3. USB-ключ «MS_KEY K» [4] применяется в качестве базового или второстепенного компонента систем защиты информации, персонального идентификатора пользователя автоматизированных систем, персонального вычислителя квалифицированной ЭП.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Инфраструктура* открытых ключей [Электронный ресурс]. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Инфраструктура_открытых_ключей (дата посещения: 02.03.2015).

2. *JaCarta* ГОСТ [Электронный ресурс]. URL: <http://www.aladdin-rd.ru/catalog/jacarta/gost/> (дата посещения: 05. 03. 2015).

3. *Рутокен ЭЦП* / Все продукты / Продукты / Рутокен [Электронный ресурс]. URL: <http://www.rutoken.ru/products/all/rutoken-ecp/> (дата посещения: 05.03.2015).

4. *USB-ключ «MS_KEY K»* [Электронный ресурс]. URL: http://www.multisoft.ru/katalog/zawita_informacii/skzi_ms_key_k/usb-_klyuch_ms_key_k/ (дата посещения: 07.03.2015).

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕНИЯ КОМПЬЮТЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ЭКСПЕРТИЗ

А.В. Моргуненко, студент каф. КИБЭВС

*Научный руководитель М.И. Мельников, преподаватель каф. КИБЭВС
г. Томск, ТУСУР, mav@keva.tusur.ru*

Компьютерно-техническая экспертиза (КТЭ) относится к классу инженерно-технических экспертиз, проводимых в целях поиска криминалистически значимой информации на носителях, ее всестороннего

исследования, и, как следствие, получения доказательственной информации и установления фактов, имеющих значение для уголовных, гражданских и административных дел, сопряженных с использованием компьютерных технологий.

С точки зрения места в раскрытии и расследовании уголовного дела компьютерно-техническая экспертиза ничем не отличается от других видов экспертиз. Типовые задачи, решаемые при производстве компьютерных экспертиз: обеспечение доступа к информации, содержащейся в компьютерах и на компьютерных носителях информации; определение назначения и функциональных возможностей программного обеспечения и компьютерных устройств; выявление действий, произведенных с компьютером и хранящейся в нем информацией.

Компьютерно-техническую экспертизу может производить только специалист в области информационных технологий, обладающий нужными компетенциями, так как некорректное использование предоставленных доказательств может привести к их уничтожению или искажению. Не говоря уже о том, что неспециалист не разбирается в тонкостях представления компьютерной информации, реальная форма которой весьма далека от того, что человек видит на экране, что сделано для удобства пользователя, но при этом сильно уменьшает понимание того, как именно в компьютере хранится информация. Но порой даже специалисты в области информационных технологий, но не знакомые с основными правилами проведения КТЭ, могут нарушить целостность вещественных доказательств или информации на них [1].

Согласно ст. 57 Уголовно-процессуального кодекса Российской Федерации эксперт не вправе «проводить без разрешения дознавателя, следователя, суда исследования, могущие повлечь полное или частичное уничтожение объектов либо изменение их внешнего вида или основных свойств». Большинство экспертов нарушают требования этой статьи немедленно, в самом начале исследования – как только включают исследуемый компьютер. Применительно к компьютерной технике эксперт обязан обеспечить неизменность содержимого жестких дисков и иных носителей информации в исследуемых компьютерах. Только при соблюдении этого условия выводы эксперта могут быть проверены при необходимости повторной экспертизой.

Большинство современных операционных систем в процессе работы осуществляют запись на жесткий диск – как минимум в файл подкачки. Если же речь идет о компьютерах, используемых в криминальных целях, то на них вообще может быть установлена специальная программа для уничтожения информации. При включении такого «заминированного» компьютера без особых предосторожностей содержи-

мое его жёсткого диска может измениться до такой степени, что не будет представлять уже никакой ценности для следствия и суда [2].

Именно по этой причине необходима методика проведения компьютерной экспертизы, которая четко регламентировала бы действия эксперта, позволяя ему провести компьютерно-техническую экспертизу, не нарушив целостность информации, и при этом извлечь тот максимум доказательств, который позволяет квалификация эксперта.

На данный момент существует официальная методика проведения компьютерно-технической экспертизы, разработанная экспертно-криминалистическим центром МВД РФ [3]. В ней присутствуют весьма подробные инструкции по подготовке носителя информации к исследованию с сохранением целостности информации, по подробному описанию представленного на экспертизу оборудования в отчете. Однако отсутствуют описания дальнейших действий эксперта, нет методических указаний именно по исследованию информации. В связи с этим данная методика является неполной.

В разрабатываемой методике планируется изложение методов исследования информации без нарушения её целостности, приведение инструментов для всестороннего исследования компьютерной информации: поиск определенной текстовой информации, исследование медиафайлов, обнаружение следов несанкционированного доступа, анализ сетевой активности пользователя.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Федотов Н.Н.* Форензика – компьютерная криминалистика. М.: «Onebook.ru», 2012. 420 с.
2. *Собецкий И.В.* Организация технико-криминалистической экспертизы компьютерных систем [Электронный ресурс] URL: <http://www.securitylab.ru/analytics/216313.php> (дата обращения: 3.03.2015).
3. *Саенко Г.В., Тушканова О.В.* Компьютерная экспертиза. Исследование компьютерной информации. СПб.: изд-во ЭКЦ МВД, 2010. 54 с.

МЕХАНИЗМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СЕРВЕРА СБОРА ДАННЫХ С УСТРОЙСТВОМ СБОРА И ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В СИСТЕМЕ КОММЕРЧЕСКОГО УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Д.С. Никифоров, студент каф. КИБЭВС

г. Томск, ТУСУР, nds@keva.tusur.ru

На рынке электросчетчиков в настоящее время есть устройства, способные автоматически отправлять данные по различным каналам связи. Эта возможность предназначена для использования таких счетчиков в специальных системах – автоматизированных системах коммерческого учета электроэнергии (АСКУЭ).

АСКУЭ в основном применяются на промышленных объектах [1] для контроля и учета потребления энергоресурсов, воды, тепла и т.п. но сейчас на рынке появляются системы, предназначенные для использования в сфере жилищно-коммунального хозяйства.

Системы, предназначенные для ЖКХ, похожи по своей структуре на промышленные системы. Любая из этих систем состоит из центрального сервера, устройств сбора и передачи данных (УСПД) и приборов учета – в нашем случае электросчетчиков.

Так как изначально АСКУЭ применялись на предприятиях, их механизмам защиты не уделялось особого внимания. В счетчиках присутствует два пользователя с разными паролями, но, например, у счетчика «МИЛУР-305» [2] это шестибайтовая посылка, передающаяся по открытому каналу. Сама парольная система достаточно надежна, но вот перехватить пароль довольно просто.

Также счетчики практически не имеют возможности оперативной подстройки. Для их подстройки необходимо подключаться при помощи конфигуратора. В некоторых случаях необходимо реализовать возможность удаленного подключения такого конфигуратора, а значит существует вероятность получения полного доступа к настройкам счетчика.

Со стороны сервера нет механизма контроля подключений, то есть существует возможность несанкционированного подключения и передачи мусорной информации.

Для большей защищенности необходимо отказаться от возможности произвольной отправки данных на сервер, а также создать на сервере список устройств с их адресами и характеристиками, по которому будет проводиться опрос этих устройств.

УСПД необходимо спроектировать таким образом, чтобы вся передаваемая информация проходила в зашифрованном виде. Например, использовать ssh соединения или сертификаты SSL.

Также на УСПД необходимо реализовать возможность перенаправления подключения для обращения к счетчику напрямую.

По возможности необходимо добавить на счетчике сигнализацию, оповещающую о том, что к нему подключили конфигуратор. Данная сигнализация должна обрабатываться УСПД и при обнаружении подключения без ведома УСПД немедленно сообщать об этом диспетчеру.

ЛИТЕРАТУРА

1. *РБК Research*. Энергосбережение: приборы учета [Электронный ресурс]. URL: <http://marketing.rbc.ru/research/562949989113292.shtml> (дата обращения: 20.02.2015).

2. *Технический паспорт к счетчику МИЛУР-305*.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СРЕДСТВ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ ПРИ ОЦЕНКЕ ЗАЩИЩЕННОСТИ КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ

А.К. Новохрестов, аспирант каф. КИБЭВС

Научный руководитель А.А. Шелупанов, ректор ТУСУРа,

директор ИСИБ, д.т.н., профессор

г. Томск, ТУСУР, ФБ, nak1@keva.tusur.ru

В настоящее время при обработке и передаче информации повсеместно используются компьютерные сети. В связи с этим одной из важнейших задач становится обеспечение их безопасности. На рынке средств защиты существует множество продуктов в разных ценовых категориях, сертифицированных и нет, но при выборе возникает проблема оценки текущей защищенности сети и, соответственно, оценки защищенности после установки средств защиты. Оценка защищенности связана с построением модели угроз и модели рисков для рассматриваемой системы. Для оценки рисков используются инструментальные средства анализа рисков, которые позволяют автоматизировать работу специалистов в области защиты информации, осуществляющих оценку или переоценку информационных рисков предприятия.

Далее представлены некоторые методы и соответствующие им программные продукты для оценки и управления рисками информационной безопасности.

Digital Security Office «КОНДОП-2006». Позволяет разрабатывать и управлять политикой безопасности информационной системы организации на основе стандартов ISO 17799:2000, ISO 17799:2005, ISO 27001, а также создавать и работать с любыми другими стандартами и базами требований, в том числе и корпоративными. Система реализована в виде опросника, который состоит из положений стандарта ISO 17799, сформулированных в виде вопросов. После ответов на эти вопросы пользователь получает полную картинку, показывающую, какие в организации положения выполняются, а какие нет. У каждого положения стандарта задан по умолчанию вес, который характеризует степень критичности данного положения для поддержания необходимого уровня защищенности. Веса, заданные в системе по умолчанию, разработаны экспертами Digital Security. Учитывая, что универсальные значения весов не могут учесть все особенности различных компаний, в программе предусмотрена возможность изменения весов при работе с положениями стандарта.

CRAMM. Реализует комплексный подход к оценке рисков, сочетая количественные и качественные методы оценки. Метод является универсальным и подходит как для больших, так и для мелких органи-

заций, как правительственного, так и коммерческого сектора. Версии программного обеспечения CRAMM, ориентированные на разные типы организаций, отличаются друг от друга своими базами знаний. Совместимы с BS 7799, ISO 15408 и другими стандартами. Достоинствами является использование технологии оценки угроз и уязвимостей по косвенным факторам с возможностью верификации результатов, удобная система моделирования информационной системы с позиции безопасности, обширная база данных по контрмерам. Данный метод является одним из самых «мощных» и трудоемких, он позволяет детально оценить риски и различные варианты контрмер. Недостаток с позиции отечественного потребителя – сложность русификации и большой объем выходных документов (сотни страниц). Аналитик обычно вынужден на основе полученных документов сам писать отчет для заказчика.

Risk Advisor. Позиционируется как инструментарий аналитика или менеджера в области информационной безопасности. Реализована методика, позволяющая задать модель информационной системы с позиции информационной безопасности, идентифицировать риски, угрозы, потери в результате инцидентов. Подробный анализ факторов рисков не предусмотрен. Сильной стороной рассмотренной методики является возможность описания различных связей, адекватный учет многих факторов риска и существенно меньшая трудоемкость по сравнению с CRAMM.

Таким образом, существующие системы предлагают оценивать риски либо после построения экспертом модели системы, либо путем ответов на фиксированный список вопросов. В итоге, результаты оценки качества защищенности сетей в большей степени зависят от профессионального уровня эксперта, а не от используемых им вспомогательных инструментов. Следовательно, возникает необходимость в создании методики оценки, которая сводила бы к минимуму влияние субъективного мнения эксперта. Такая методика предполагает наличие способа построения структуры защищаемой системы, определения актуальных угроз для каждого элемента системы и проверки существования защиты от каждой типовой угрозы.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Захарцев С.В.* Сборник методических материалов. СПб.: Конфидент // Защита информации. 2001. № 2.
2. *Кобзарь М.Т., Трубачев А.П.* Концептуальные основы совершенствования нормативной базы оценки безопасности информационных технологий в России // Безопасность информационных технологий. 2000. № 4.

О ПРИМЕНЕНИИ КОЭВОЛЮЦИОННОГО ПОДХОДА В ЗАДАЧЕ ОБНАРУЖЕНИЯ ИНЦИДЕНТОВ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Т.А. Саламатова, студентка

*Научный руководитель В.Г. Жуков, доцент каф. БИТ, к.т.н.
г. Красноярск, Сибирский государственный аэрокосмический
университет им. акад. М.Ф. Решетнева, Shiracom@mail.ru*

При применении эволюционной процедуры поиска для алгоритма клональной селекции искусственной иммунной системы (ИИС) в качестве эвристического метода в рамках модельно-алгоритмического обеспечения систем обнаружения инцидентов информационной безопасности (ИБ) возникает проблема определения оптимального сочетания параметров: селекция, рекомбинация и мутация. Случайный выбор параметров является неприемлемым, т.к. многие комбинации значений параметров оказываются неработоспособными, а осуществление полного перебора сочетаний неэффективно по причине значительных трудовых, материальных и временных затрат. Вследствие этого появляется задача автоматизированного выбора и настройки параметров эволюционного иммунного алгоритма клональной селекции ИИС [1]. Для решения данной задачи было предложено применение коэволюционной стратегии. Коэволюционный иммунный алгоритм клональной селекции ИИС представляет собой несколько независимых, самостоятельно действующих эволюционных иммунных алгоритмов клональной селекции ИИС с различными настройками основных параметров. Обобщенная схема работы коэволюционного иммунного алгоритма клональной селекции ИИС представлена на рис. 1.

Эволюционный иммунный алгоритм клональной селекции представляет собой синтез эволюционного алгоритма и алгоритма клональной селекции ИИС, базисом которого является клонально-селекционная теория [1]. ИИС строятся по аналогии с иммунной системой живого организма с учетом допущений: при моделировании ИИС используется два соответствия – антигена (чужеродная макромолекула) и антитела (детектор). В ИИС детекторы и антигены имеют формальное представление в виде множеств элементов заданной длины над конечным алфавитом. Допустим, что мощность множеств детекторов D и антигенов A одинаковая и задана статично. В таком случае под аффинностью антигенов с детекторами понимается частичное или полное соответствие элемента $a_j \in A$ элементу $d_j \in D$. Аффинность растет с увеличением количества идентичных элементов и рассчитывается в данной работе с помощью метрики «Процент согласования»:

$$y = \text{count}_x(a[x] = d[x]) = \sum_{x=1}^m \begin{cases} 1, & \text{if } a[x] = d[x] \\ 0, & \text{else} \end{cases}, \text{ где } m = |a| = |d|. \quad (1)$$

Функция аффинности является функцией пригодности для эволюционного иммунного алгоритма клональной селекции. Генерация начальной популяции детекторов осуществляется с помощью генератора псевдослучайных чисел на основе алгоритма Блума–Блума–Шуба.

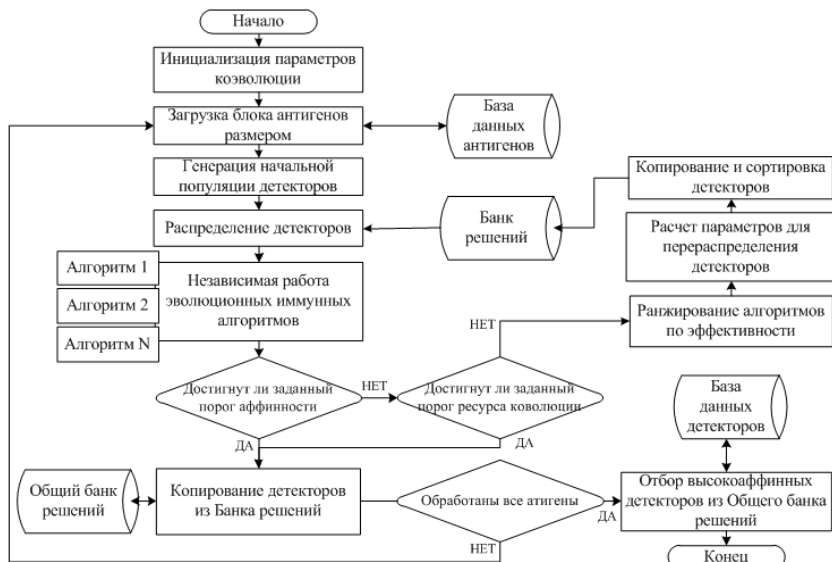


Рис. 1. Блок-схема генерации детекторов коэволюционным иммунным алгоритмом клональной селекции ИИС

На этапе инициализации параметров коэволюционного алгоритма происходит выбор эволюционного иммунного алгоритма клональной селекции $b_j \in B$ с различными параметрами, где B – множество индивидуальных алгоритмов, $j \in [2; n]$. Также определяются параметры коэволюционного алгоритма:

1. В течение k шагов – *интервала адаптации* – каждый индивидуальный алгоритм b_j работает самостоятельно, независимо от других индивидуальных алгоритмов.

2. В качестве *общего ресурса* для алгоритмов b_j выступает множество детекторов D . Начальная популяция детекторов является общей и ее мощность составляет $|D|/n$ для каждого b_j на первом этапе интервала адаптации.

3. Размер *штрафа «проигравшего» алгоритма* составляет некоторый процент q от $|D|$, на который сокращается размер популяции детекторов проигравших алгоритмов.

4. «Социальный минимум» составляет некоторый процент p от $|D|$, являющийся минимальным гарантированным размером популяции детекторов. То есть у проигравшего b_j можно сокращать популяцию детекторов только до тех пор, пока она не достигнет минимального размера – «социального минимума».

Перераспределение ресурсов между индивидуальными алгоритмами b_j происходит следующим образом: по окончании интервала адаптации для каждого b_j определяется лучший детектор, обладающий самым высоким значением аффинности. По полученным результатам происходит ранжирование b_j внутри B . Алгоритм-победитель b_j увеличивает размер популяции детекторов путем ее сокращения у каждого проигравшего алгоритма исходной популяции детекторов согласно размеру штрафа «проигравшего» алгоритма. Далее происходит объединение всех индивидуумов-детекторов множества B в единый массив, который сортируется по убыванию аффинности и клонируется в банк решений. Лучшие детекторы из массива последовательно передаются во все b_j , начиная с алгоритма-победителя. Наполнение популяций детекторов b_j происходит до измененных размеров.

Процесс формирования детекторов продолжается до достижения критерия остановки работы: достижение заданного количества интервалов адаптации или 60%-го порога аффинности множества детекторов D к каждому антигену [1]. По достижении критерия остановки коэволюционного алгоритма происходит отбор индивидов-детекторов из банка решений в единую базу данных – общий банк решений с помощью пропорциональной селекции (алгоритм «Колесо рулетки»). Для формирования множества детекторов из общего банка решений выбираются высокоаффинные детекторы в базу данных детекторов.

Таким образом, коэволюционная стратегия помогает определить оптимальную совокупность значений параметров эволюционного иммунного алгоритма клональной селекции ИИС, формирующих множество высокоаффинных детекторов, используемое в дальнейшем для обнаружения антигенов – инцидентов ИБ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жуков В.Г., Саламатова Т.А. Обнаружение сетевых вторжений эволюционным иммунным алгоритмом клональной селекции // Вестник Сибирского гос. аэрокосмического ун-та им. акад. М.Ф. Решетнева: Сб. научн. трудов. Красноярск: СибГАУ, 2014. № 4 (56). С. 41–47.

ТЕХНИЧЕСКАЯ ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ В ПОМЕЩЕНИИ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПЕРЕГОВОРОВ

Е.Д. Семенова, студентка каф. КИБЭВС

*Научный руководитель Г.А. Праскурин, ст. преподаватель
каф. КИБЭВС*

г. Томск, ТУСУР, katerinka.sem@mail.ru

Обеспечение конфиденциальности информации – одна из основных и наиболее сложных задач, которые необходимо решать каждому предприятию. Максимальное количество каналов утечки информации может быть организовано при проведении конфиденциальных совещаний, закрытых рабочих совещаний и переговоров. Поэтому проблема защиты конфиденциальных переговоров решается комплексно с применением различного рода мероприятий и с использованием различных технических средств защиты информации. Защита от утечки конфиденциальной информации сводится к выявлению, учету и контролю возможных каналов утечки в конкретных условиях и к проведению организационных, организационно-технических и технических мероприятий по их ликвидации.

Цель работы – создать систему технической защиты информации в помещении, предназначенном для проведения конфиденциальных переговоров и рабочих закрытых совещаний.

В ходе работы было проведено моделирование объекта защиты и угроз безопасности информации. Построена структурная схема объекта защиты, классифицированы и выявлены реальные пути утечки информации по техническим каналам. Также были построены модели нарушителя и угроз информационной безопасности. Изложены основные требования, которые необходимы для организации технической защиты в помещении для переговоров.

Задача объекта защиты – защита речевой информации в помещении, предназначенном для проведения конфиденциальных переговоров и рабочих закрытых совещаний. Подробный план помещения для переговоров представлен на рис. 1.

Речевая информация возникает в ходе ведения разговоров. Уровень речи в помещении составляет 50–70 дБ [5, 6]. Носителем речевой информации являются акустические колебания частиц упругой сферы, распространяющиеся от источника колебаний в окружающее пространство в виде звуковых волн различной длины. Речевой сигнал является сложным акустическим сигналом в диапазоне частот 200 Гц – 4 кГц [6].

При выявлении технических каналов утечки информации совокупность технических средств необходимо рассматривать как систему,

[illegible]

На данном объекте защиты телефонный канал утечки информации отсутствует, так как помещение не предполагает использование телефонных линий и других средств связи. Также визуальный канал можно исключить, так как до переговоров допускаются только те лица, которые имеют форму допуска, использование камер в помещении запрещено. Двери в помещение открываются поочередно, чтобы предотвратить визуальный и прямой акустический канал утечки. Окна во время проведения переговоров закрыты плотными шторами. Остальные каналы утечки информации будут рассматриваться более подробно далее.

Опираясь на выявленные каналы утечки информации в помещении для проведения переговоров, строятся модели угроз и нарушителя. В моделях подробно описываются источники угроз безопасности, их проявление в помещении, а также определено, кто может являться предполагаемым злоумышленником и его возможности по перехвату информации из помещения.

178

На основании этих требований разрабатывается система защиты информации. Система защиты информации состоит из двух составляющих: организационной и технической.

Заключение. В рамках работы было проведено моделирование объекта защиты и угроз безопасности информации. Построена структурная схема объекта защиты, классифицированы и выявлены реальные пути утечки информации по техническим каналам. Также были построены модели нарушителя и угроз информационной безопасности.

Рассмотрена система защиты информации на объекте – помещении для ведения конфиденциальных переговоров и рабочих закрытых совещаний. Изложены основные требования, которые необходимы для организации технической защиты. Также в ходе работы было доказано, что система технической защиты информации на объекте должна представлять собой целостную систему.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Зайцев А.П., Шелупанов А.А.* Технические средства и методы защиты информации. М.: Машиностроение, 2009. 507 с.
2. *Хорев А.А.* Защита информации от утечки по техническим каналам. М.: НПЦ «Аналитика», 2008. С. 436–440.
3. *ФСТЭК.* Специальные требования и рекомендации по технической защите конфиденциальной информации. М., 2001.
4. *Нормативные и методические документы и подготовленные проекты документов по технической защите информации* [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://fstec.ru/tekhnicheskaya-zashchita-informatsii/dokumenty/113-gosudarstvennye-standarty/377-gosudarstvennye-standarty>
5. *Громкость звука. Шкала шумов (уровни звука, децибел)* [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.kakras.ru/doc/shum-decibel.html>
6. *ГОСТ 12.1.003–83 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности от 27.11.1983 г.* [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.rosteplo.ru/Npb_files/npb_shablon.php?id=838

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ СРАВНЕНИЯ КРИТЕРИЕВ ПРОСТОТЫ НАТУРАЛЬНОГО ЧИСЛА

Ю.В. Шабля, студент, Д.В. Кручинин, м.н.с. каф. КИБЭВС

Научный руководитель А.А. Шелупанов, ректор ТУСУР,

директор ИСИБ, д.т.н., профессор

г. Томск, ТУСУР, shablya-yv@mail.ru

В настоящее время применение простых чисел и их свойств имеет широкое применение в криптографических алгоритмах защиты информации. Многие криптографические алгоритмы используют простые числа, а некоторые даже полностью основаны именно на свойствах

простых чисел, например RSA [1], криптографическая сложность которого заключается в проблеме факторизации больших чисел, то есть разложения на простые множители.

Тесты на простоту также широко используются в системах компьютерной алгебры, таких как Maxima, MathCAD, MathLab, Maple, Mathematica и др. В основном здесь используется вероятностный тест простоты числа Рабина–Миллера, который на практике показывает достаточно хорошую скорость работы и малую вероятность ошибки определения простоты числа.

Существует множество тестов проверки натурального числа на простоту, которые в свою очередь отличаются между собой по таким параметрам, как вычислительная сложность и вероятность ошибки определения простоты числа. Также создаются новые алгоритмы проверки натурального числа на простоту, например алгоритм проверки простоты натурального числа на основе свойств композиции производящих функций [2].

В данной работе рассматривается реализация программного обеспечения для анализа тестов простоты числа, идея разработки которого была предложена в [3]. В ходе выполнения работ была создана программа «Primality Test Analyser» («РТА»), функциональные возможности которой позволяют проводить анализ тестов простоты числа из заданного в программе списка существующих тестов простоты числа (перебор делителей, критерий Вильсона, тест Люка, тест Ферма, тест Соловея–Штрассена, тест Рабина–Миллера).

Для того чтобы реализовать в программе «РТА» возможность проверять новые критерии, полученные на основе свойств композиции производящих функций, в программу была добавлена функция, которая работает в качестве интерпретатора математических формул. Эта функция способна получать от пользователя команду – математическую формулу, представляющую собой критерий простоты, а затем выполняет необходимые вычисления с данной формулой.

В качестве интерпретатора математических формул предложено использовать следующий алгоритм действий:

- пользователь в программе «РТА» вводит команду, представляющую собой математическую формулу;
- «РТА» запускает в фоновом режиме предварительно установленную на компьютере программу «Maxima»;
- «РТА» передает введенную пользователем формулу в «Maxima»;
- «Maxima» выполняет все необходимые вычисления с полученной формулой;
- «РТА» получает результат вычислений от «Maxima» и использует его для дальнейших действий.

«Maxima» – система компьютерной алгебры, предназначенная для выполнения математических вычислений, символьных преобразований и построения графиков [4, 5]. На сегодняшний день «Maxima» достаточно активно развивается и во многих отношениях не уступает другим развитым системам компьютерной алгебры («Maple», «Mathematica»).

К основным достоинствам использования «Maxima» можно отнести:

- возможность свободного использования («Maxima» относится к классу свободных программ и распространяется на основе лицензии GNU);
- возможность функционирования под управлением различных операционных систем (в частности, Linux и Windows);
- небольшой размер программы (дистрибутив занимает порядка 33 мегабайт, в установленном виде со всеми расширениями потребует около 115 мегабайт);
- широкий класс решаемых задач;
- возможность работы как в режиме командной строки, так и с использованием одного из графических интерфейсов («xMaxima», «wxMaxima»);
- интерфейс на русском языке;
- наличие справки и инструкций по работе с «Maxima» (русскоязычной версии справки нет, но в сети Интернет присутствует большое количество книг с примерами использования «Maxima»).

Пользовательский графический интерфейс программы «РТА» с примером проведения анализа двух критериев простоты числа с применением «Maxima» приведен на рис. 1.

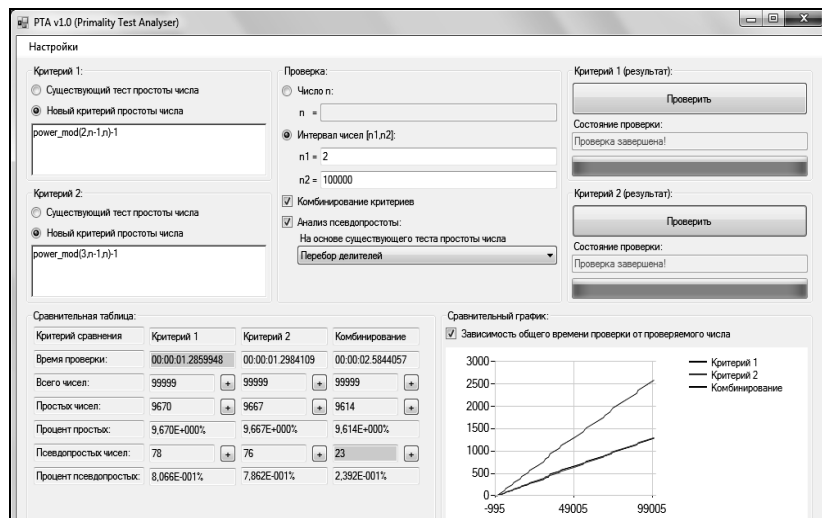


Рис. 1. Интерфейс программы «РТА»

Использование «Махима» в программе «РТА» в качестве интерпретатора математических формул позволяет анализировать новые критерии простоты, полученные на основе свойств композиции производящих функций. Также это дает возможность сравнивать полученные результаты анализа как между двумя новыми критериями простоты числа, так и сравнивать новые критерии простоты числа с существующими тестами простоты числа.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках базовой части государственного задания ТУСУР на 2015 год (проект № 3657).

ЛИТЕРАТУРА

1. Rivest R. A method for obtaining digital signatures and publickey cryptosystems / R. Rivest, A. Shamir, L. Adleman // Communications of the ACM. 1978. Vol. 21, №2. P. 120–126.

2. Кручинин Д.В. Метод построения алгоритмов проверки простоты натуральных чисел для защиты информации / Д.В. Кручинин, В.В. Кручинин // Доклады ТУСУРа. 2011. №2 (24). С. 247–251.

3. Шаблия Ю.В. Программное обеспечение для проведения анализа и сравнения тестов на простоту числа / Ю.В. Шаблия // Научная сессия ТУСУР – 2014: материалы Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 14–16 мая 2014 г. Томск: В-Спектр, 2014: в 5 ч. Ч. 3. С. 220–222.

4. Стахин Н.А. Основы работы с системой аналитических (символьных) вычислений Махима (ПО для решения задач аналитических (символьных) вычислений): учеб. пособие / Н.А. Стахин. М., 2008. 86 с.

5. Чичкарев Е.А. Компьютерная математика с Махима: Руководство для школьников и студентов. М.: ALT Linux, 2012. 384 с.

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМА СТЕГАНОГРАФИЧЕСКОГО ВСТРАИВАНИЯ ИНФОРМАЦИИ В СЖАТЫЕ ЦИФРОВЫЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ

И.И. Шепелев, студент каф. КИБЭВС

*Научный руководитель О.О. Евсютин, доцент каф. КИБЭВС, к.т.н.
г. Томск, ТУСУР, ilya@shepelev.tk*

Задача защиты информации от несанкционированного доступа является одной из важнейших проблем. Необходимость скрыть какую-либо информацию от чужих глаз возникла очень давно. Спрятать информацию можно разными способами, например зашифровать ее. Правда, в этом случае противник знает о передаче некоторого секретного сообщения, но не может его прочитать. А ведь иногда достаточно и самого факта передачи для получения информации о каком-то собы-

тии, особенно если рассматривать и сопоставлять все факты вместе – на этом основана разведка по материалам из открытых источников [1, 2].

Необходимо отметить, что несмотря на количество существующих стеганографических методов и алгоритмов, направленных на работу с цифровыми изображениями без сжатия, использование подобных методов зачастую оказывается нецелесообразным, поскольку на практике в основном применяются сжатые цифровые изображения [3].

В этом случае стеганографическое кодирование из пространственной области перемещается в частотную – так как наиболее эффективные методы сжатия цифровых изображений основываются на определенных преобразованиях, то соответствующие алгоритмы встраивания оперируют коэффициентами этих преобразований, используя их для записи встраиваемой информации [4].

Сжатие изображений – применение алгоритмов сжатия данных к изображениям, хранящимся в цифровом виде. В результате сжатия уменьшается размер изображения, из-за чего уменьшается время передачи изображения по сети и экономится пространство для хранения.

Сжатие изображений подразделяют на сжатие с потерями качества и сжатие без потерь. Сжатие без потерь часто предпочтительней для искусственно построенных изображений, таких как графики, иконки программ, либо для специальных случаев, например, если изображения предназначены для последующей обработки алгоритмами распознавания изображений. Алгоритмы сжатия с потерями при увеличении степени сжатия, как правило, порождают хорошо заметные человеческому глазу дефекты.

В результате проведенного анализа предметной области установлено, что наиболее популярным алгоритмом сжатия цифровых изображений с потерями является алгоритм JPEG.

Так как рассмотренные методы встраивания сообщений в сжатые цифровые изображения алгоритмом JPEG работают с коэффициентами дискретного косинусного преобразования (ДКП), то общая процедура внедрения выглядит следующим образом:

1. Выявление служебной информации в файле.
2. Определение режима.
3. Декодирование.
4. Встраивание информации в коэффициенты ДКП.
5. Кодирование.

В рамках работы реализованы первые 3 шага в приведенном алгоритме.

Для реализации алгоритма декодирования был выбран последовательный режим декодирования с дискретизацией данных 8 бит в силу большой распространенности.

Поэтому алгоритм декодирования можно разбить на 3 основных этапа:

1. Обратное кодирование Хаффмана.
2. Обратное квантование.
3. Обратное дискретное косинусное преобразование.

Также для достижения большей степени изучения принципов работы алгоритма сжатия изображений с потерями JPEG в программе был реализован необязательный для осуществления возможности внедрения информации этап – обратная дискретизация.

Заключение. В результате работы было определено, что стеганографические методы являются актуальным и неотъемлемым способом защиты информации, исследованы стеганографические методы защиты информации, проведен обзор последних достижений в области цифровой стеганографии в сжатых изображениях [5–6], а также подробно рассмотрен алгоритм сжатия цифровых изображений JPEG с потерями. Также был реализован алгоритм декодирования сжатых цифровых изображений по данному методу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Грибунин В.Г. Цифровая стеганография / В.Г. Грибунин, И.Н. Оков, И.В. Туринцев. М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2009. 272 с.
2. Конахович Г.Ф. Компьютерная стеганография. Теория и практика / Г.Ф. Конахович, А.Ю. Пузыренко. К.: МК-Пресс, 2006. 288 с.
3. Moller S. Computer Based Steganography: How It Works And Why Therefore Any Restriction On Cryptography Are Nonsense, At Best / S. Moller, A. Pfitzmann, I. Stirand // First International Workshop on Information Hiding. Cambridge, U.K. 1996. P. 7–21.
4. Евсютин О.О. Стеганографическое встраивание информации в цифровые изображения, сжатые с помощью блочных клеточных автоматов / О.О. Евсютин, Е.В. Негачева // Доклады ТУСУРа. 2013. № 4. С. 130–135.
5. Lifang Yu. PM1 steganography in JPEG images using genetic algorithm / Yu Lifang, Yao Zhao, Rongrong Ni, Zhenfeng Zhu // Information Sciences. 2007. № 177. P. 3099–3109.
6. Xiaoxia Li. A steganographic method based upon JPEG and particle swarm optimization algorithm / Xiaoxia Li, Jianjun Wang // Soft Computing. 2009. № 13. P. 393–400.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ СТЕНДОВ ПО ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЮ

Д.С. Терентьев, студент каф. КИБЭВС

Научный руководитель А.С. Ковтун, аспирант каф. КИБЭВС

г. Томск, ТУСУР, NickLid@mail.ru.

Система видеонаблюдения – это программно-аппаратный комплекс (видеокамеры, объективы, мониторы, регистраторы и другое оборудование), предназначенный для организации видеоконтроля как

на локальных, так и на территориально-распределенных объектах. К функциям видеонаблюдения относится не только защита от преступников, но и наблюдение за работниками, посетителями в офисе, на складе или в магазине, контроль деятельности в любом помещении [1].

Таким образом, система видеонаблюдения обеспечивает:

- визуальный контроль ситуации на охраняемом объекте – предоставление информации на пост наблюдения в режиме реального времени;
- запись видеoinформации на цифровой видеорегистратор, что позволяет документировать события, происходящие на объекте;
- выполнение функций охранной сигнализации через детекторы движения видеокамер или внешних охранных датчиков и информированность оператора системы о возникновении тревоги в контролируемой зоне.

Целью данной работы является восстановление стендов «Системы видеонаблюдения» и «Оператор видеонаблюдения» для проведения лабораторных работ для курса «Техническая защита информации».

Схемы включения оборудования

К стенду «Системы видеонаблюдения» подключено семь камер и два микрофона. Схема подключения оборудования изображена на рис. 1 на примере одной камеры.



Рис. 1. Стенд «Системы видеонаблюдения»

К стенду «Оператор видеонаблюдения» подключено две камеры. Схема подключения оборудования изображена на рис. 2 на примере одной камеры.

Тестирование. Тестирование стендов, а точнее камер, проводилось на предмет работоспособности.

Первым тестировался стенд «Системы видеонаблюдения» и сначала проверялись камеры, которые не снимались со стенда при транспортировке. Как видно из рис. 3, камеры не были повреждены и нормально функционируют.

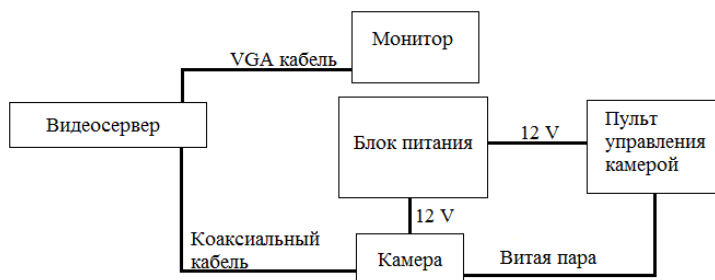


Рис. 2. Стенд «Оператор видеонаблюдения»



Рис. 3. Тестирование стендовых камер

Следующему тестированию подверглись те камеры, которые были установлены в аудитории. Из рис. 4 можно заметить, что эти камеры тоже функционируют без сбоев.



Рис. 4. Тестирование аудиторных камер

На стенде «Оператор видеонаблюдения» тестировалась купольная камера, которая управлялась с помощью пульта управления камерами. На рис. 5 показано, что эта камера тоже нормально функционирует.



Рис. 5. Тестирование купольной камеры

Заключение. В ходе работы было проведено практическое и теоретическое исследование видеорегистратора Videorox DVR VR 3274, видеосервера Domination D7-8-H.264 и различных видеокамер. В аудитории были установлены четыре видеокамеры и два микрофона, и подключены к лабораторным стендам. Стоит отметить, что лабораторные работы уже прошли испытания непосредственно во время занятий по курсу «Техническая защита информации». Проблем при эксплуатации стендов не выявлено.

ЛИТЕРАТУРА

1. Система видеонаблюдения [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://krepost.tomsk.ru/Surveillance> (дата обращения: 28.01.2015).
2. Ковтун А.С., Мещеряков Р.В., Сонькин М.А. Информационно-технические средства для обработки, передачи и хранения информации в системах безопасности: учеб.-метод. пособие для выполнения лабораторных работ. Томск: В-Спектр, 2014. 210 с.

СОЗДАНИЕ ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА АНАЛИЗА СИСТЕМ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕОРИИ ГРАФОВ

***В.В. Терлеев¹, студент каф. информационной безопасности,
Б.И. Ефимов², аспирант, каф. комплексной защиты информации
г. Омск, ¹ФГБОУ ВПО «Сибирская государственная
автомобильно-дорожная академия (СибАДИ)»,
²ФГБОУ ВПО «Омский государственный технический университет»***

На современном этапе развития информационных технологий одними из наиболее динамично развивающихся информационных систем являются системы принятия управленческих решений, в том числе и с привлечением экспертов-аналитиков.

В системах принятия решения для лица, принимающего решение, значимым является лишь конечный результат – выбор экспертами одной из предложенных альтернатив. Система защиты информации при этом должна быть построена таким образом, чтобы выполнялась единственная задача – решение, принимаемое экспертами при условии реализации возможных угроз, должно быть таким же, что и решение, которое было бы принято системой при полном отсутствии угроз информационной безопасности.

Анализ подобных распределенных систем, в частности, исследование проблем их оптимизации, может быть осуществлен с применением теории графов и подробно изложен в [1].

Угрозы безопасности рассматриваемой сети в соответствии с ее топологией могут быть направлены на следующие объекты: экспертов, принимающих участие в опросе, узлы коммутации, лицо, принимающее решение (вершины графа), линии связи (ребра графа).

Виды воздействий на объекты сети могут быть преднамеренными, т.е. осуществляемыми злоумышленником, или случайными, обусловленными отказами оборудования, программ и каналов связи. Преднамеренные угрозы направлены, в конечном итоге, на принятие «нужного» для злоумышленника решения. Отказы оборудования носят случайный, непредсказуемый характер и могут повлиять на принятие решения в пользу любой из существующей альтернатив.

Оптимизационные алгоритмы вычисления кратчайшего пути в системах принятия решений с использованием экспертов, как показано в [1], позволяют решить следующие задачи обеспечения информационной безопасности:

1. Выбор маршрутов пересылки результатов голосования экспертов, которые при заданной топологии сети и матрицах угроз на элементах сети были бы наиболее безопасны.

2. Определение оптимальных мер по обеспечению информационной безопасности, т.е. при известной стоимости защитных мер и их эффективности выбор узлов и ребер сети, на защиту которых целесообразно потратить имеющиеся материальные ресурсы.

3. Оценка, насколько безопасный маршрут был выбран сетью по сравнению с наиболее безопасным маршрутом (для сетей, в которых нет возможности заранее устанавливать маршруты прохождения пакетов и путь их прохождения зависит от нагруженности узлов сети в конкретный момент времени).

4. Оценка целесообразности проведения повторного опроса экспертов (всех или выборочных) как попытки получения результата при меньшей вероятности возможных угроз.

Для решения указанных задач необходима разработка соответствующего программного продукта.

Одними из популярных средств для визуального представления графов являются Microsoft Office Visio и Lassalle AddFlow. Данные продукты имеют богатый инструментарий проектирования графов, но не предусматривают использование алгоритмов нахождения кратчайшего пути.

На рис. 1 показан пример создания топологии сети и результат определения наиболее безопасного маршрута.

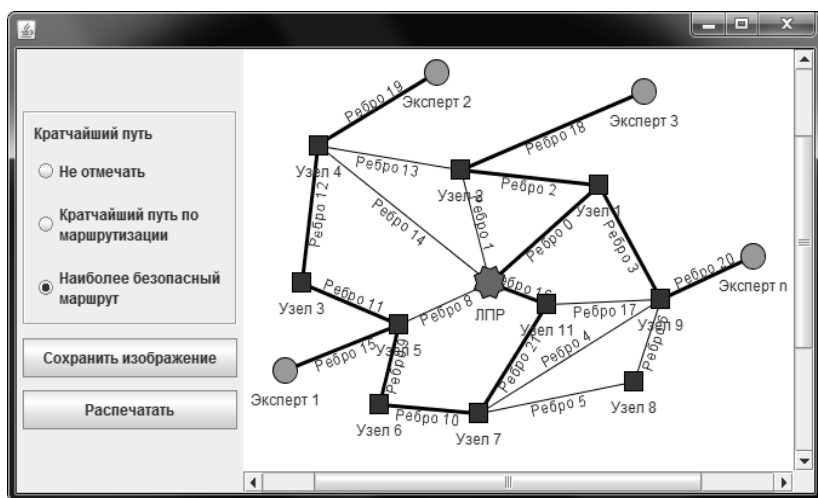


Рис. 1. Граф, созданный при помощи продукта

При разработке собственного продукта необходимо использовать готовые библиотеки классов. Были рассмотрены следующие библиотеки:

– LEDA – библиотека, написанная на C++. Позволяет создавать графы различного вида, реализует алгоритмы работы с графами. Тип вершин и рёбер полностью настраивается, что позволяет использовать в качестве веса несколько параметров;

– JGraph – библиотека, реализованная для платформ Java и JavaScript. Множество возможностей для создания графов и выполнения алгоритмов;

– JUNG – библиотека, написанная на Java. Реализовано множество видов графов и алгоритмов, настраиваемые типы вершин и рёбер. Понятный API, множество примеров, доступны исходные коды библиотеки, имеется бесплатная версия.

Для решения указанных выше задач был разработан собственный программный продукт, используя библиотеку JUNG.

На рис. 2 показано окно редактирования параметров ребра графа.

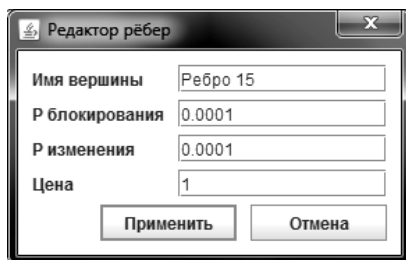


Рис. 2. Параметризация ребра

ЛИТЕРАТУРА

1. Ефимов Б.И. Применение алгоритмов теории графов для решения задач, связанных с обеспечением информационной безопасности в системах принятия решений // Системы управления и информационные технологии. 2009. № 1 (35), ч. 3. С. 342–346.

МОШЕННИЧЕСТВО НА РЫНКЕ ФИНАНСОВЫХ УСЛУГ

К.А. Толкачева, Т.А. Шевцова, студентки каф. КИБЭВС

Научный руководитель Е.А. Кузьмина, доцент каф. КИБЭВС, к.т.н.

г. Томск, ТУСУР, krisri1994@mail.ru

Проект ГПО КИБЭВС-1503 «Защита прав потребителей на рынке финансовых услуг»

На территории Российской Федерации ежедневно происходят финансовые мошенничества. Согласно ст. 159 Уголовного кодекса Рос-

сийской Федерации мошенничеством признают «хищение чужого имущества или приобретение права на чужое имущество путем обмана или злоупотребления доверием» [1]. В различных сферах деятельности мошенничество признают как способы, приносящие значительный ущерб экономике за счет извлечения неконтролируемых доходов или незаконного завладения чужим имуществом. Мошенники продумывают свою стратегию получения доходов незаконным путем достаточно тщательно для того, чтобы их риски (потери) были минимальны при достижении поставленной цели.

Проблема мошенничества является наиболее актуальной для сегодняшнего положения в стране, так как ее признают одной из негативных сторон в условиях формирования рыночных отношений. Часто операции мошенников практически не отличаются от обычных деловых сделок.

Общественную опасность деянию придаёт то обстоятельство, что финансовые мошенничества являются следствием ослабления системы государственного регулирования и финансового контроля, несовершенства правовой базы и отсутствия эффективной государственной финансовой и уголовной политики.

Финансовые преступления крайне многообразны, постоянное развитие финансового рынка, активное применение информационных технологий приводят к появлению новых видов и развитию известных видов мошенничества. К наиболее популярным видам мошенничества относятся:

- Финансовые пирамиды.
- Мошенничества с использованием банковских карт.
- Кредитные мошенничества.
- Интернет-мошенничества (кибермошенничества).
- Мобильные мошенничества.
- Мошенничества в сделках с недвижимостью.
- Мошенничество в сфере страхования.

По данным исследования, проведенного специалистами НАФИ и Финпотребсоюза в июле 2014 г., 57% россиян уверены, что их права на рынке финансовых услуг не защищены. В таблице представлены данные ответов на вопрос «Насколько, по Вашему мнению, защищены или не защищены Ваши права как потребителя финансовых услуг?» в процентном соотношении [2].

Результаты опроса

Варианты ответов	2012 г.	2014 г.
Полностью защищены	4	3
Скорее защищены	34	25
Скорее не защищены	35	39
Совсем не защищены	17	18
Затрудняюсь ответить	10	15

Основными нормативно-правовыми актами в сфере противодействия финансовому мошенничеству являются:

- Закон Российской Федерации от 07.02.1992 № 2300-1 «О защите прав потребителей».

- Статья 159 «Мошенничество» Уголовного кодекса Российской Федерации.

- Статья 76.1 «Освобождение от уголовной ответственности по делам о преступлениях в сфере экономической деятельности» Уголовного кодекса Российской Федерации.

Таким образом, проблема финансового мошенничества является актуальной для населения Российской Федерации. Одним из ключевых элементов стратегии мошеннических финансовых компаний является мощное информационно-психологическое воздействие, оказываемое на физических лиц, и агрессивная рекламная деятельность. Финансовое мошенничество не является сверхновым явлением рыночных отношений, поэтому следует применять ряд разработанных правил для того, чтобы не попасться на «удочку» мошенников.

ЛИТЕРАТУРА

1. Уголовный кодекс Российской Федерации от 13.06.1996 № 63-ФЗ (принят ГД ФС РФ 24.05.1996) // Собрание законодательства РФ. 1996.

2. Национальное агентство финансовых исследований [Электронный ресурс]. URL: <http://nacfin.ru/>

УСТРОЙСТВО ХРАНЕНИЯ ПАРОЛЕЙ С ИДЕНТИФИКАЦИЕЙ ВЛАДЕЛЬЦА ПО ОТПЕЧАТКУ ПАЛЬЦА

Е.В. Воронко, студент

*Научный руководитель Р.В. Мещеряков, профессор каф БИС, д.т.н.
г. Томск, ТУСУР, vev.tusur@yandex.ru*

На сегодняшний день большинство существующих на рынке данные устройства хранения паролей являются лишь эскизом и представлены в виде прототипов, а рабочих устройств довольно мало. Например, широко известный проект по разработке устройства хранения паролей «myIDkey» был опубликован в сети Интернет в начале 2013 г. Устройство представляет собой флэш-накопитель для хранения паролей, оснащенный экраном и сканером отпечатков пальцев. Предусматривается возможность распознавания голоса владельца и уничтожения всей информации в случае выявления попытки несанкционированного доступа к информации. На сайте Kickstarter в феврале 2013 г. был открыт сбор средств на разработку данного устройства, однако до сих пор «myIDkey» не поступил в продажу.

В связи с этим возникла необходимость разработки такого устройства хранения паролей, которое бы могло хранить пароли и другие важные данные, к которым доступ возможен только после успешной проверки биометрической характеристики владельца [1].

Любая биометрическая система будет состоять из нескольких элементов. В некоторых из систем отдельные элементы сращены, в некоторых разнесены в различные элементы (рис. 1) [3].

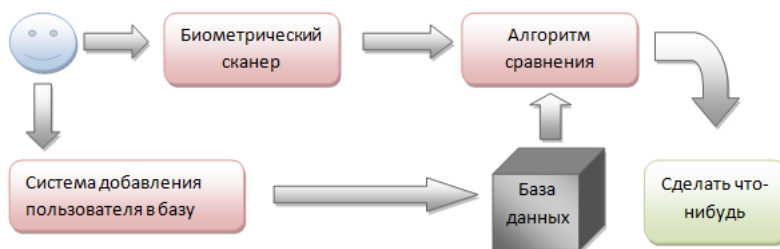


Рис. 1. Модель биометрической системы доступа

После сравнения биометрическая система должна выдать результаты сравнения на управляющие органы. Далее это могут быть различные команды: от включения светодиода до более сложных систем, например получения доступа к определенному электронному устройству. К сожалению, также необходимо учитывать возможности атаки [2].

В роли биометрического сканера отпечатка пальца был использован FTIR-сканер – такой тип устройства, в котором используется эффект нарушенного полного внутреннего отражения. При падении света на границу раздела двух сред световая энергия делится на две части: одна отражается от границы, другая – проникает через границу раздела во вторую среду. Доля отраженной энергии зависит от угла падения. Начиная с некоторой его величины, вся световая энергия отражается от границы раздела. Это явление называется полным внутренним отражением. Однако при контакте более плотной оптической среды (в нашем случае поверхность пальца) с менее плотной (в практической реализации, как правило, поверхность призмы) в точке полного внутреннего отражения пучок света проходит через эту границу. Таким образом, от границы отразятся только пучки света, попавшие в такие точки полного внутреннего отражения, к которым не были приложены бороздки папиллярного узора поверхности пальца. Для фиксации получившейся световой картинке поверхности пальца используется специальная камера (ПЗС или КМОП, в зависимости от реализации сканера).

ЛИТЕРАТУРА

1. Шелупанов А.А., Груздев С.Л., Нахаев Ю.С. Аутентификация. Теория и практика обеспечения доступа к информационным ресурсам: учеб. пособие для вузов. М.: Горячая линия – Телеком, 2009. 552 с.
2. Белов Е.Б., Лось В.П., Мецзяков Р.В., Шелупанов А.А. Основы информационной безопасности: учеб. пособие для вузов. М.: Горячая линия – Телеком, 2006. 544 с.
3. Шумский А.А., Шелупанов А.А. Системный анализ в защите информации: учеб. пособие для вузов. М.: Гелиос АРВ, 2005. 220 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ ДЕТЕКТОРА ЧАСТОТЫ ОСНОВНОГО ТОНА ГОЛОСОВОГО СИГНАЛА

А.Ю. Якимук, аспирант каф. КИБЭВС

Научный руководитель А.А. Конев, доцент каф. КИБЭВС, к.т.н.

г. Томск, ТУСУР, yay@keva.tusur.ru

При исследовании надежности детектора, построенного на основе модели, представленной в [1], были определены несколько стратегий, на основе которых были сделаны 16 записей (8 женским голосом и 8 мужским голосом):

- тестирование коротких звуков (стаккато),
- тестирование звуков, находящихся на минимальном интервале,
- тестирование звуков, находящихся в среднем интервале,
- тестирование звуков с произношением слов,
- тестирование мелодии с произношением слов.

8 записей женского голос включают в себя:

№1. Локация: первая октава. Ноты: до, ре, ми, фа, соль, фа, ми, ре, до. Стаккато (отрывисто), без произношения нот (только звуки).

№2. Локация: первая октава. Ноты: до, ре, ми, фа, соль, фа, ми, ре, до. Легато (связанно), без произношения нот (только звуки).

№3. Локация: первая октава. Ноты: си, ре#, фа#, ре#, си. Стаккато, без произношения нот.

№4. Локация: малая октава, первая октава. Ноты: си, ре#, фа#, ре#, си. Легато, без произношения нот.

№5. Локация: малая октава, первая октава. Ноты: ля, ля#, си, до, до#, до, си, ля#, ля. Стаккато, без произношения нот.

№6. Локация: малая октава, первая октава. Ноты: ля, ля#, си, до, до#, до, си, ля#, ля. Легато, без произношения нот.

№7. Локация: первая октава. Ноты: до, ми, ре, фа, ми, соль. Стаккато, с произношением нот.

№8. Локация: первая октава. Ноты: до, ми, ре, фа, ми, соль. Легато, с произношением нот.

8 записей мужского голоса включают в себя:

№1. Локация: малая октава. Ноты: до, ре, ми, фа, соль, фа, ми, ре, до. Стаккато (отрывисто), без произношения нот (только звуки).

№2. Локация: малая октава. Ноты: до, ре, ми, фа, соль, фа, ми, ре, до. Легато (связанно), без произношения нот (только звуки).

№3. Локация: малая октава. Ноты: си, ре#, фа#, ре#, си. Стаккато, без произношения нот.

№4. Локация: малая октава. Ноты: си, ре#, фа#, ре#, си. Легато, без произношения нот.

№5. Локация: малая октава. Ноты: ля, ля#, си, до, до#, до, си. Стаккато, без произношения нот.

№6. Локация: малая октава. Ноты: ля, ля#, си, до, до#, до, си, ля#, ля. Легато, без произношения нот.

№7. Локация: малая октава. Ноты: до, ми, ре, фа, ми, соль. Стаккато, с произношением нот.

№8. Локация: малая октава. Ноты: до, ми, ре, фа, ми, соль. Легато, с произношением нот.

Ниже представлены этап анализа зафиксированных частот и результат проведенного анализа для пропетой последовательности нот «до, ре, ми, фа, соль, фа, ми, ре, до» в режиме исполнения «стаккато, без исполнения названий нот» по алгоритму сегментации речевого сигнала [2] (рис. 1–3).

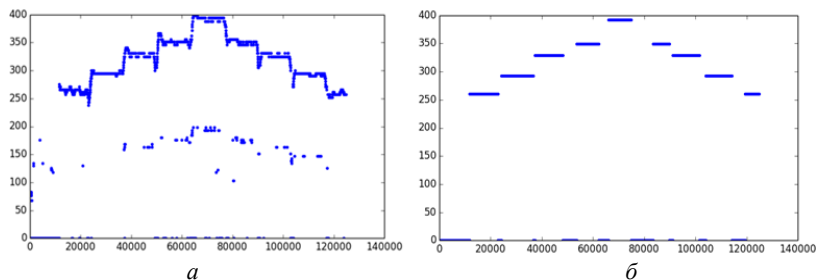


Рис 1. Анализ звучания женского голоса

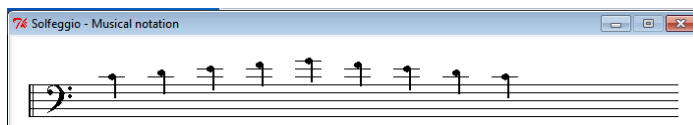


Рис 2. Результаты анализа звучания

В 16 тестах были воспроизведены 114 нот, 58 из которых были спеты женским голосом, а 56 – мужским. Если представить итоги в

процентном соотношении и взять 114 нот за 100%, то полученный результат: 99,1% нот определены верно, 0,8% нот не определены.

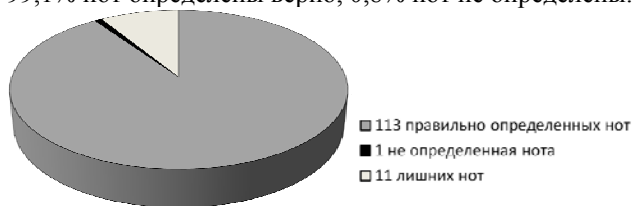


Рис. 3. Результаты анализа звучания

ЛИТЕРАТУРА

1. *Конов А.А.* Модель и алгоритмы анализа и сегментация речевого сигнала: дис. ... канд. техн. наук по специальности 05.13.18 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ / Томский гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники. Томск, 2007. 128 с.
2. *Бондаренко В.П., Конов А.А., Мещеряков Р.В., Шелупанов А.А.* Математическое и программно-алгоритмическое обеспечение в задачах идентификации и распознавания речи // Вестник СибГАУ «Системная интеграция и безопасность». Спец. вып., 2006. С. 11–14.

МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ

А.А. Загородников, С.В. Козлов, студенты каф. РЗИ
Научный руководитель А.П. Кишнякин, доцент каф. РЗИ
г. Томск, ТУСУР, каф. РЗИ, kozlov.serj.v@gmail.com
Проект ГПО РЗИ-1101 «Нелинейно-оптические эффекты
в системах передачи и обработки информации»

В статье представлена разработка модели системы обеспечения информационной безопасности (СОИБ) организации.

Законодательный и нормативно-правовой базис в области информационной безопасности (ИБ) содержит основополагающие понятия СОИБ различного уровня, однако не позволяет сформировать четкое и реальное представление состава и содержания СОИБ организации. Это создает существенную проблематику обеспечения ИБ организации.

В связи с этим в целях повышения эффективности обеспечения информационной безопасности организации очевидна необходимость постановки задачи о разработке модели системы обеспечения информационной безопасности организации.

Решение поставленной задачи представляется целесообразным на основе системного подхода, в процессе которого решение возникающих проблематик осуществляется по совокупности и взаимосвязи трех

составляющих: определения цели СОИБ, формирования задачи и определения средства достижения цели.

Для определения цели СОИБ представляется целесообразным принять понятие ИБ организации, которое в соответствии с [1] формулируется как состояние защищенности интересов организации в условиях угроз в информационной сфере. Принимая во внимание определение обеспечения информационной безопасности организации в соответствии с п. 3.6.1 [1] и определение цели защиты информации в соответствии с [2], цель СОИБ возможно сформулировать следующим образом: предотвращение ущерба интересам организации (в условиях угроз в информационной сфере).

В качестве основной задачи обеспечения ИБ организации представляется возможным определить основополагающую задачу ИБ – разработка системы защиты информации (СЗИ) организации, которая в соответствии с п. 2.4.3 [2] определяется как совокупность органов и (или) исполнителей, используемой ими техники защиты информации, а также объектов защиты информации, организованная и функционирующая по правилам и нормам, установленным соответствующими документами в области защиты информации.

Средствами обеспечения информационной безопасности организации являются активы организации, которые в соответствии с [2] определяются как всё, что имеет ценность для организации в интересах достижения целей деятельности и находится в её распоряжении.

На основании изложенного модель системы обеспечения информационной безопасности организации представлена на рис. 1.



Рис. 1. Модель системы обеспечения ИБ организации

Разработанная модель СОИБ, очевидно, требует уточнения в плане определения и содержания модели СЗИ организации. С учетом ранее приведенного определения модель СЗИ организации представлена на рис. 2.

В модели СЗИ организации понятие «органы» определяется в соответствии с п. 11 [3], «исполнители» – представлено в п. 3.4.5 [1], «объекта защиты информации» – в соответствии с [4], «техника защиты информации» – в п. 2.7.1 [2].

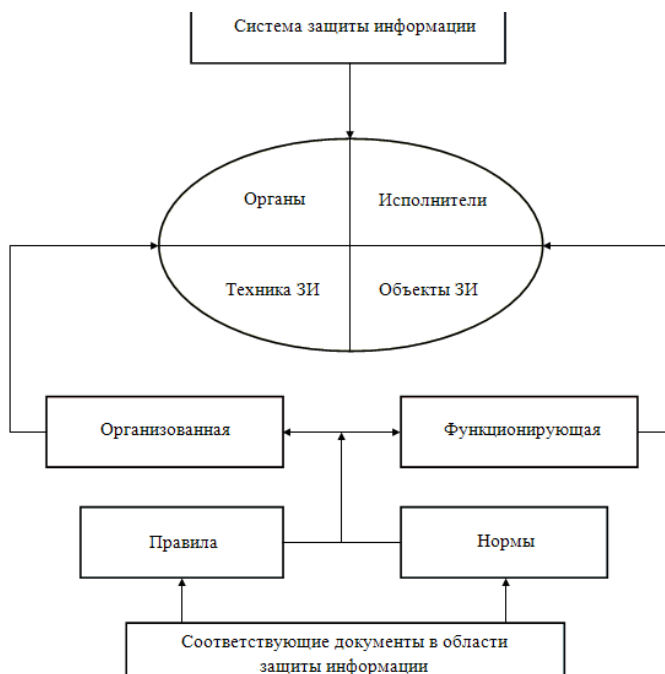


Рис. 2. Модель системы защиты информации

Разработанная модель решает поставленную задачу, позволяет сформировать четкое и реальное представление состава и содержания СОИБ организации и способствует повышению эффективности обеспечения информационной безопасности организации.

ЛИТЕРАТУРА

1. *ГОСТ Р 53114–2008 «Защита информации. Обеспечение информационной безопасности в организации. Основные термины и определения»*. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://protect.gost.ru/default.aspx>, (дата обращения: 05.03.15).
2. *ГОСТ Р 50922–2006 «Защита информации. Основные термины и определения»*. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://protect.gost.ru/default.aspx>, (дата обращения: 05.03.15).
3. *Доктрина информационной безопасности Российской Федерации*. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.scrf.gov.ru/documents/6/5.html> (дата обращения: 05.03.15).
4. *Загородников А.А., Козлов С.В.* Модель объекта защиты информации: матер. конф. участников ГПО ТУСУР–2014 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://gpo-conference.tusur.ru/conference/2014/themes/99/projects/571/discourses/654> (дата обращения: 05.03.15).

СЕКЦИЯ 19

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ТЕХНИКЕ И ЭКОНОМИКЕ

*Председатель секции – Мицель Артур Александрович,
профессор каф. АСУ, д.т.н.;*
*зам. председателя – Зариковская Наталья Вячеславовна,
доцент каф. ЭМИС, к.ф.-м.н.*

ПОДСЕКЦИЯ 19.1

МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЕСТЕСТВЕННЫХ И ТЕХНИЧЕСКИХ НАУКАХ

*Председатель секции – Зариковская Наталья Вячеславовна,
доцент каф. ЭМИС, к.ф.-м.н.;*
*зам. председателя – Колотаев Илья Владимирович,
разработчик ООО «Элекард-Мед»*

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ХИМИЧЕСКИ НЕВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИХ ПАРОВ H_2O , ЗАКЛЮЧЕННЫХ В ПОЛОСТИ НАНОРАЗМЕРНЫХ КРЕМНИЕВЫХ ПОР SiO_2

*К.Ф. Аджахунов, студент, М.А. Шипуля, доцент каф. КИПР,
А.А. Луговской, н.с. ИОА СО РАН им. В.Е. Зуева
г. Томск, ТУСУР, ИОА СО РАН, karim.1992@mail.ru,
sma@main.tusur.ru, laa@ioa.ru*

В данной работе рассматривается большой канонический ансамбль частиц, проявляющих свойства идеального газа. В частности, проведено компьютерное моделирование плотности распределения молекул водяного пара в кремниевых порах SiO_2 , характерный диаметр поперечного сечения которых имеет порядок нескольких нанометров. Поры данного материала в сечении представляют собой правильный шестиугольник. Рассматриваемая система содержит в себе молекулы воды различного сорта, способные взаимодействовать посредством образования химических связей как со стенками пор, так и между собой (посредством водородной связи), скапливаясь в кластеры различной структуры. Каждая структура имеет соответствующий уникальный спектр поглощения. При этом в системе присутствуют и молекулы, не участвующие ни в водородных связях между собой, ни в

связях со стенками пор. Динамику молекул такого типа в рассматриваемой системе предполагается описывать при помощи модели идеального газа. Аналогичные работы, учитывающие неидеальность системы, опубликованы, например, в [1, 2].

В рамках настоящей работы использовались данные эксперимента, проведенного в ИОА СО РАН, г. Томск. В этом эксперименте были зарегистрированы спектры поглощения воды в мезопорах SiO_2 диаметром 2,6; 6,4; 11,8 нм, а также в порах SiO_2 аэрогеля плотностью $0,26 \text{ г/см}^3$ со средним диаметром пор 20 нм (данные получены методом низкотемпературной сорбции азота). В зарегистрированных спектрах присутствуют четыре моды. Низкочастотная мода (I) с частотой 4660 см^{-1} , характеризует поглощение наиболее сильно связанных молекул. Высокочастотная мода (IV) характеризует поглощение молекул не участвующих в водородных связях. При увеличении диаметра пор относительная интенсивность высокочастотной моды (IV) изменяется нелинейно (рис. 1). Кривая зависимости $S/S_0(d)$, за исключением точки ($d = 11,8 \text{ нм}$), представляет собой экспоненту, ограниченную сверху горизонтальной асимптотой – значением S/S_0 для жидкой воды (крайняя правая точка). Однако точка $d \sim 12 \text{ нм}$ значительно выходит за пределы указанной зависимости.

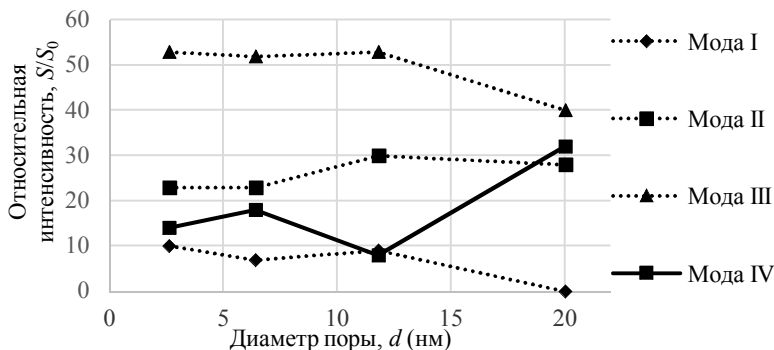


Рис. 1. Относительная интенсивность мод колебаний молекул воды, заключенных внутри наноразмерных кремниевых пор

Анализируя интенсивность полученного в эксперименте спектра, можно сделать вывод о количестве частиц в исследуемой системе для соответствующей области спектра. Таким образом, выделяя при различных термодинамических параметрах из полного спектра системы участки, соответствующие длинам волн невзаимодействующих частиц, возможно экспериментально исследовать свойства идеального газа.

Экспериментальные данные позволяют сделать предположение о зависимости количества молекул воды, соответствующих IV моде воз-

буждения, от диаметра поры, в которую они помещены. Диаметр поры ограничивает длину свободного пробега невзаимодействующих молекул, что в свою очередь приводит к изменению их тепловой энергии. В приближении идеального газа это приводит к изменению плотности распределения молекул внутри объема. Плотность распределения в данном приближении описывается решением стационарного уравнения Шрёдингера для свободных частиц. На рис. 2 представлены численные решения данного уравнения, соответствующие различным собственным значениям свободного оператора Гамильтона.

Как легко видеть из представленного рис. 2, с увеличением номера собственного числа оператора Гамильтона, соответствующего значению энергии свободных частиц, их плотность распределения перестает концентрироваться в центре ограничивающей поры. Молекулы, концентрирующиеся вблизи углов и стенок пор, очевидно, с большей вероятностью могут вступить в химическую связь с молекулами, образующими пору. Кроме того, при этом происходит локализация центров концентрации молекул, что также повышает вероятность образования химических связей между ними. Данные процессы, в свою очередь, приводят к общему изменению относительной концентрации различных мод внутри всего объема.

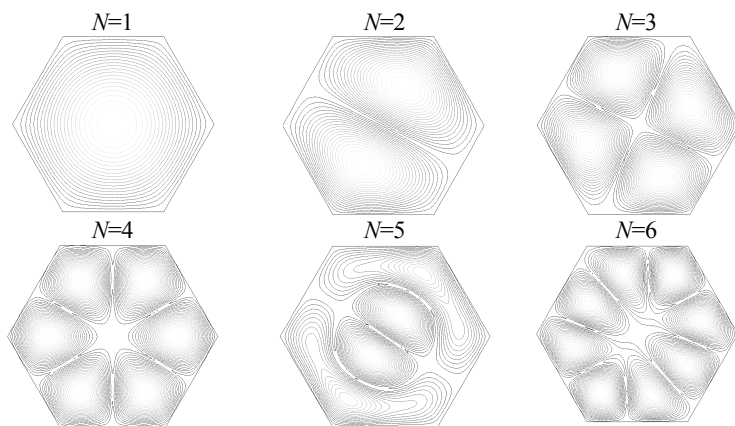


Рис. 2. Численное решение свободного уравнения Шрёдингера с нулевыми граничными условиями. Представлена плотность распределения для первых из наборов квантовых чисел, соответствующих различным собственным значениям, занумерованных номером N

Таким образом, в данной работе показано, что при помощи численной модели, описывающей рассматриваемую систему в приближе-

нии идеального газа, возможно качественно объяснить экспериментальные данные, полученные для реальной системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Daisuke Takaiwa, Itaru Hatano, Kenichiro Koga, and Hideki Tanaka.* Phase diagram of water in carbon nanotubes // PNAS. 2008. Vol. 105, №1. P. 39–43.
2. *Wang Shen, LU Hang-Jun, tu Yu-Song, wang Chun-Lei, fang Hai-Ping.* Gating of Water Flow Induced by Bending of a Carbon Nanotube // CHIN. PHYS. LETT. 2009. Vol. 26, № 6. 068702.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ ПОКАЗАНИЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ДАТЧИКОВ

Н.В. Автомонов, студент каф. ЭМИС

Научный руководитель А.В. Тутков, доцент каф. УИ, к.т.н.

г. Томск, ТУСУР, avt@sbi.tusur.ru

По данным Всемирной организации здравоохранения, сердечно-сосудистые заболевания являются основной причиной смерти человека [1]. Для предотвращения этих заболеваний важен мониторинг жизненных показателей, одним из которых является артериальное давление.

Определение артериального давления возможно несколькими способами. В основном это методы, не требующие вмешательства в тело человека.

Наиболее распространенным неинвазивным методом является измерение реакции сосудов на внешнее давление, или манометрия. На этом принципе основано действие тонометров. Тонометр позволяет измерить давление, но при этом человек должен принять неподвижное положение и пребывать в нем не менее минуты. Такой способ измерения мало подходит для активных занятий спортом и для контроля артериального давления во сне.

Анализ призван найти методологию, способную эффективно, с минимальной ошибкой, находить артериальное давление, а также производить это бесшумно и в постоянном режиме.

Известны методы постоянного мониторинга сердечной активности и, в частности, измерения артериального давления, которые предполагают использование специальных датчиков, измеряющих пульсовые характеристики сосудов, которые связаны с давлением [2].

Выделяют датчики следующих типов. Оптический датчик основан на измерении частоты появления импульсов, которые регистрируются как изменение яркости сосуда в измеряемой поверхности, в единицу времени. Звуковой датчик определяет импульсы сердца с помощью чувствительного микрофона, направленного к кровеносному сосуду

и/или сердцу. Биоимпедансный предполагает измерение сопротивления измеряемой поверхности: изменение сопротивления переводится в изменение измеряемой величины.

Датчики позволяют найти функцию распространения пульсовой волны (ПВ) в измеряемой поверхности. Применение нескольких датчиков позволяет настроить схему на измерение электрокардиограммы (ЭКГ).

Время распространения пульсовой волны (ВРПВ), измеряемое как время между пиками ЭКГ и ПВ, может быть использовано для косвенного измерения артериального давления. Эта характеристика является основой для методов, подлежащих сравнительному анализу.

Для целей анализа составлен список критериев, по которому сравнивались известные методологии определения артериального давления: точность измерения (абсолютная и стандартная ошибка), вычислительная сложность, необходимость и частота калибровки.

В целях измерения давления с помощью анализируемых методов находилось ВРПВ по методологии анализа сигналов ЭКГ и ПВ, известной из [3]. В качестве функций ЭКГ и ПВ использовались данные базы *physionet* по первому отведению ЭКГ и функции ПВ. После нахождения значения ВРПВ для измерения артериального давления применялась тестируемая методология.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Сердечно-сосудистые заболевания* // Всемирная организация здравоохранения [Электронный ресурс]. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs317/ru/> (дата обращения: 28.02.2015).
2. *Solà i Carós, Josep Maria*. Continuous non-invasive blood pressure estimation. Zurich: ETH, 2011. 196 p.
3. *Zong W., Heldt T., Moody G.B., Mark R.G.* An Open-source Algorithm to Detect Onset of Arterial Blood Pressure Pulses // материалы конференции Computers in Cardiology, Thessaloniki Chalkidiki, 6–9 сентября 2003 г. Cambridge: MIT, 2003. Vol. 30. P. 259–262.

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦ СТАДИЙ ЗАВИСИМОСТИ НАПРЯЖЕНИЕ – ДЕФОРМАЦИЯ НА ПРИМЕРЕ ОБРАЗЦОВ ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО АЛЮМИНИЯ

М.Р. Чеботарёва

*Научный руководитель Н.В. Зариковская, доцент каф. ЭМИС, к.ф.-м.н.
г. Томск, ТУСУР, U17sagi@yandex.ru*

В соответствии с литературными данными, типичная кривая напряжение – деформация для металлического кристалла с кубической гранецентрированной решеткой имеет параболический вид.

Полученные в ходе экспериментов данные о виде кривых напряжение – деформация для образцов поликристаллического алюминия с наиболее характерными размерами зерна приведены на рис. 1.

Данные графики являются типичными для поликристаллических металлов с ГЦК-решеткой. С увеличением деформации угол наклона зависимости напряжение – деформация уменьшается (см. рис. 1), так как в случае поликристаллических металлов степень деформационного упрочнения, которая определяется наклоном кривой деформации, уменьшается с увеличением деформации. Это отмечалось и ранее в работах [1, 2]. Отметим, что большая часть этих кривых соответствует процессу деформирования, не доведенному до разрушения. Деформационные кривые (см. рис. 1) соответствуют образцам поликристаллического алюминия с различным размером зерна при одинаковых геометрических параметрах: длина рабочей поверхности равна $l = 50$ мм, ширина – $sh = 10$ мм, толщина $h = 2$ мм. Приведенные зависимости не противоречат механическим свойствам поликристаллического алюминия, описанным ранее в литературе.

σ , МПа

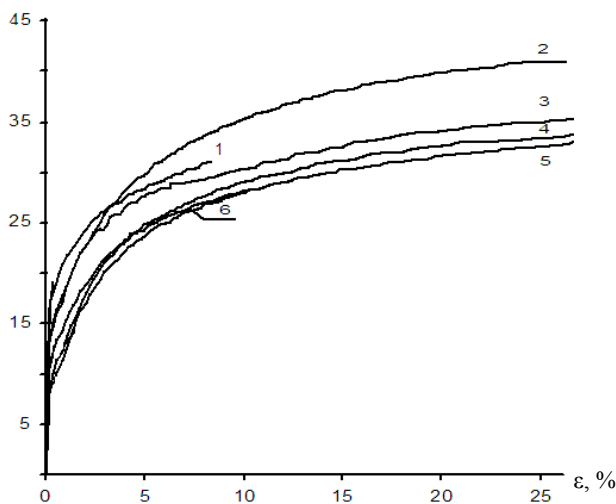


Рис. 1. Кривые: напряжение – деформация для образцов поликристаллического алюминия с разным размером зерна ($l = 11,9$ мкм; $2 = 8,4$ мкм; $3 = 15$ мкм; $4 = 22,6$ мкм; $5 = 180$ мкм; $6 = 190$ мкм)

Одной из наиболее важных задач физики прочности и пластичности является получение данных о стадийности деформационных кривых.

Однако выделение стадий для полученных зависимостей представляет собой трудоемкий и длительный процесс. С целью оптимизации данного процесса было предложено реализовать программное приложение, позволяющее с достаточной точностью определять границы стадий деформационной кривой по полученным экспериментальным данным.

Как известно, деформационная кривая $\sigma(\varepsilon)$ в общем случае описывается степенным уравнением Людовика:

$$\sigma_f = \sigma_s + K * \varepsilon^n,$$

где K – коэффициент деформационного упрочнения; σ_s – константа; n – показатель деформационного упрочнения.

В зависимости от значения показателя деформационного упрочнения n выделяются следующие стадии:

- линейного деформационного упрочнения, где $n \approx 1$;
- параболического деформационного упрочнения, где значения n лежат в пределах $0,45 < n < 0,64$;
- предразрушения, на которой $n < 1/2$.

Для определения значения n воспользуемся методом наименьших квадратов.

Для решения задачи выбран следующий алгоритм:

1) с целью приведения вида уравнения Людовика от степенного к линейному прологарифмируем его:

$$F(x, a, m) = a * x^m \rightarrow \ln(F) = \ln(a) + m * \ln(x);$$

2) введем новые переменные $u = \ln(x)$, $m = A$, $\ln(a) = B$, $\Phi(u) = F$, после подстановки которых в уравнение, полученное в пункте 1, получаем уравнение вида $\Phi(u, A, B) = Au + B$;

3) находим значение параметров A и B ;

4) находим значение показателя n .

Так как типичная кривая имеет трехстадийный вид и для каждой стадии значение коэффициента параболичности имеет характерное значение, появляется необходимость в разделении экспериментальных точек на группы в соответствии со значениями коэффициента параболичности.

В рамках исполнения данной работы и была решена поставленная задача.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белл Дж.Ф. Экспериментальные основы механики деформируемых твердых тел. М.: Наука. 1984. 431 с.
2. Попов Л.Е., Конева Н.А. Деформационное упрочнение сплавов с границированной кубической решеткой // Изв. вузов. Физика. 1976. №8. С. 132–150.

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОПРЕДЕЛЕНИЮ КОНСТАНТ УСТОЙЧИВОСТИ ИЗ ДАННЫХ UV-VIS СПЕКТРОСКОПИИ

В.Д. Дергачёв, магистрант каф. САИО; А.И. Петров, аспирант каф. ФиНХ, И.Д. Дергачёв, магистрант каф. ФиНХ

г. Красноярск, СибГАУ, СФУ, vsevoloddergachev@gmail.com

Рассматривается задача моделирования реакций комплексообразования в водных растворах. Решение задачи основано на спектрофотометрическом методе исследования таких процессов. Математической моделью, описывающей процесс, является закон светопоглощения Бугера–Ламберта–Бера. Используется аналитический подход к моделированию.

Количественной характеристикой реакций комплексообразования является константа устойчивости K . Знание этой величины является фундаментальным при изучении физико-химических свойств реагентов [1]. Величину K можно оценить только косвенно, по результатам спектрофотометрических экспериментов.

Решение такой задачи представляется в виде решения задачи идентификации – введении модели изучаемых процессов, которая содержит интересующие исследователя неизвестные величины.

Для оценки согласованности модели и эксперимента вводится МНК-критерий качества.

Основанием для построения модели служит закон светопоглощения Бугера–Ламберта–Бера [2]:

$$A_{\text{calc}}^{\lambda} = \sum_{i=1}^{n+2} \varepsilon_i [S_i] = \varepsilon_L [L] + \varepsilon_M [M] + \sum_{i=1}^n [M_i L] \varepsilon_i, \quad (1)$$

$$K_i = \frac{[M_i L]}{[M_{i-1} L][M]}, \quad (2)$$

где A – оптическая плотность; $[X]$ – равновесная концентрация реагента X , моль/л; ε – коэффициент экстинкции, см²/л/моль; n – число образующихся форм.

Помимо оцениваемых параметров – констант устойчивости, уравнение модели (1) также содержит неизвестные величины равновесных концентраций реагентов: $[L]$, $[M]$, $[M_i L]$, $i = \overline{1, n}$. Оценить эти величины возможно из решения системы уравнений материального баланса.

$$\begin{cases} C_M - [M] - \sum_{i=1}^n [M_i L] = 0, \\ C_L - [L] - \sum_{i=1}^n [M_i L] = 0, \end{cases} \quad (3)$$

где C_X – аналитическая концентрация компонента X , задаваемая исследователем в ходе физико-химических экспериментов [3].

Решение системы (3) сводится к полиному степени $n+1$, где n – число образующихся форм. Величины ε_i и K_i определяются из оптимизационной процедуры и имеют физический смысл только в положительной области их значений. Были использованы и сравнены по эффективности работы некоторые алгоритмы нулевого и второго порядков.

Результаты работы. Аналитическое решение для полиномов $n+1$ степени возможно только при $n \leq 3$. Это позволяет использовать аналитический вид производных при применении градиентных методов оптимизации.

Оценивание работы алгоритмов моделирования проводилось при использовании тестовых данных. Был смоделирован эксперимент, заданы искомые значения констант устойчивости. Использовались такие методы оптимизации, как метод деформируемого многогранника (МДМ), метод Гаусса–Ньютона (ГН) с использованием различных процедур линейного поиска, алгоритм trust-line (TL) [4, 5]. Процедуры линейного поиска включают: немонотонный метод Армио (АН), абсолютный немонотонный метод Армио (АНА), АНА 2-го порядка (АНА_2), монотонный абсолютный метод Армио (МАН), монотонный метод Армио (МА). В случае абсолютного линейного поиска итерационная процедура выглядит следующим образом:

$$x^{k+1} = |x^k + \alpha^k \vec{p}|,$$

где $\vec{p}$ – направление ньютоновского типа.

Результаты работы алгоритмов представлены в таблице.

Результаты определения истинных значений констант устойчивости и коэффициентов экстинкции приведенными алгоритмами оптимизации

Алгоритм	Истинные значения параметров	Надежность (процент нахождения истинных значений параметров при 50 независимых запусках с разных стартовых значений), %
МДМ	$K_{ML} = 290,$ $K_{M_2L} = 125,$ $\varepsilon_{ML} = 900,$ $\varepsilon_{M_2L} = 600$	29
ГН АН		23
ГН АНА		59
ГН АНА_2		65
ГН МАН		65
TL МА		23
TL МАН		59

Анализ полученных результатов. Результаты моделирования показывают, что наибольшей эффективностью обладает метод Гаусса–Ньютона с применением процедур линейного поиска. Наиболее высокую надежность метод показал при процедурах поиска АНА_2 и МАА (65%).

ЛИТЕРАТУРА

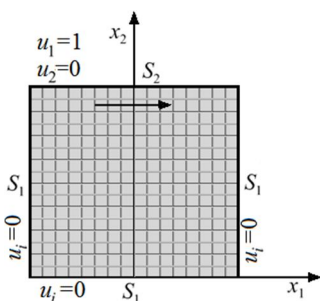
1. Бек М. Химия равновесий реакций комплексообразования. М.: Мир, 1973. 360 с.
2. Шмидт В. Оптическая спектроскопия для химиков и биологов. М.: Техносфера, 2007. 368 с.
3. Dergachev V.D., Dergachev I.D., Petrov A.I. Mathematical Modeling of Complex Formation Processes // Решетневские чтения: материалы XVIII Международ. науч. конф.: в 3 ч. / под общ. ред. Ю.Ю. Логинова; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. Красноярск, 2014. Ч. 2. 530 с.
4. Wenyu Sun, Jiyu Han, Jie Sun. Global convergence of nonmonotone descent methods for unconstrained optimization problems // Journal of Computational and Applied Mathematics. 2002. №146. P. 89–98 [Электронный ресурс]. Электрон. журн. 2002. URL: <http://www.journals.elsevier.com/journal-of-computational-and-applied-mathematics> (дата обращения: 11.10.2014).
5. Zhaoyang Sang, Qingying Sun. A self-adaptive trust region method with line search based on a simple subproblem model // Journal of Computational and Applied Mathematics 2009. №232. P. 514–522 [Электронный ресурс]. Электрон. журн. 2009. URL: <http://www.journals.elsevier.com/journal-of-computational-and-applied-mathematics> (дата обращения: 24.08.2014).

НЕПРЯМОЙ МЕТОД ГРАНИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕЧЕНИЯ СТЕПЕННОЙ ЖИДКОСТИ В КАВЕРНЕ

**М.А. Пономарева, доцент каф. прикладной газовой динамики
и горения ФТФ; М.П. Филина, магистрант ФТФ**

Научный руководитель В.А. Якутенок, профессор каф. мат. физики
ФТФ, д.ф.-м.н.

г. Томск, ТГУ, filina.mari@mail.ru



Численно решается задача о двумерном ползущем течении степенной жидкости в каверне с верхней подвижной стенкой. На рис. 1 схематично представлена область решения.

Рис. 1 Область решения
(S_1 – твердая стенка, S_2 – подвижная стенка)

Математическая постановка включает уравнения Стокса и уравнение неразрывности

$$\frac{\partial \sigma_{ij}}{\partial x_j} = 0, \quad i, j = 1, 2,$$

$$\frac{\partial u_i}{\partial x_i} = 0,$$

где $\sigma_{ij} = -p\delta_{ij} + \tau_{ij}$ – компоненты тензора напряжений, p – давление, δ_{ij} – символ Кронекера. Граничные условия состоят в задании компонент скорости на стенках каверны: на верхней подвижной стенке

$$u_1 = 1, u_2 = 0$$

и на остальных стенках $u_i = 0$.

Реологическое поведение жидкости определяется степенным выражением, характеризующим зависимость вязкости от скорости сдвига

$$\tau_{ij} = 2\eta \dot{\epsilon}_{ij},$$

где τ_{ij} – компоненты тензора вязких напряжений; $\eta = k\dot{\gamma}^{n-1}$ – коэффициент эффективной вязкости; k – показатель консистенции; n – индекс течения (показатель нелинейности); $\dot{\gamma} = (2\dot{\epsilon}_{ij}\dot{\epsilon}_{ij})^{1/2}$ – обобщенная скорость сдвига, выраженная с точки зрения второго инварианта тензора скоростей деформаций; $\dot{\epsilon}_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right)$ – компоненты тензора скоростей деформаций; u_i – компоненты вектора скорости; x_i, x_j – декартовы координаты.

Для численного решения поставленной задачи был применен прямой метод граничных элементов [1]. Согласно данной методике система дифференциальных уравнений преобразуется в эквивалентную систему гранично-интегральных уравнений, которая содержит интегралы по границе области от фиктивных граничных источников и фундаментальных сингулярных решений. В случае учета нелинейного поведения жидкости в систему гранично-интегральных уравнений входят интегралы по области течения от фундаментальных сингулярных решений и фиктивных источников, распределенных по области течения. В результате дискретизации полученной системы с использованием постоянных элементов и ячеек имеем систему нелинейных алгебраических уравнений, для решения которой используются итерационные методы с применением процедуры релаксации. Интегралы по внутренним ячейкам вычисляются численно с использованием квадрата-

тур Гаусса, по постоянным элементам используются аналитические выражения. Внутренние источники вычисляются численно на основе конечно-разностных схем [2].

В результате получена стационарная картина течения степенной жидкости в каверне с характерным формированием циркуляционной зоны. На рис. 2, *а* представлены профили горизонтальной составляющей скорости u_1 вдоль линии, параллельной стенкам каверны и проходящей через её центр ($x_1 = 0$) для различных значений показателя нелинейности. На рис. 2, *б* приведено сравнение полученных данных с результатами других исследователей, [3, 4] для случая $n = 1.0$. Видно, что результаты хорошо согласуются.

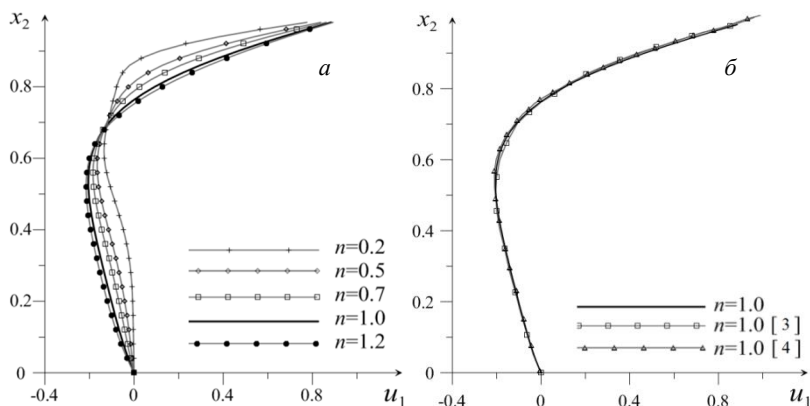


Рис. 2. Профили горизонтальной составляющей скорости u_1 вдоль линии ($x_1 = 0$)

Исследование выполнено при поддержке РФФИ (проект № 12-08-00313а) и гранта Президента РФ (МК-3687.2014.1).

ЛИТЕРАТУРА

1. Brebbia C.A. The Boundary Element Method for Engineers. London: Pentech Press, 1978.
2. Ponomareva M.A., Filina M.P., Yakutenok V.A. The indirect boundary element method for the two-dimensional pressure- and gravity-driven free surface Stokes flow // WIT Transactions on Modelling and Simulation. 2014. Vol. 57. P. 289–304. DOI: 10.2495/BE370241.
3. Zinani F., Frey S. Galerkin least-squares solutions for purely viscous flows of shear-thinning fluids and regularized yield stress fluids // Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering. 2007. Vol. XXIX, № 4. P. 432–443.
4. Shamekhi A., Aliabadi A. Non-Newtonian lid-driven cavity flow simulation by mesh free method // ICCES. 2009. Vol. 11, №3. P. 67–72.

ОЦЕНИВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ЗАТУХАНИЯ АКУСТИЧЕСКОЙ ВОЛНЫ РАСПРОСТРАНЯЮЩЕГОСЯ В ТУРБУЛЕНТНОМ ПОТОКЕ ПРОТЯЖЕННОГО ТРУБОПРОВОДА

А.А. Головнина, П.П. Ткачев, студенты каф. АСУ
Научный руководитель А.А. Светлаков, профессор, д.т.н.
г. Томск, ТУСУР, geschenk@live.ru.

Известно, что в трубопроводах, по которым транспортируются жидкие среды, происходит процесс распространения акустических волн. Акустическая волна в трубопроводе – это распространяющееся возмущение давления и скорости. Исследование затухания акустической волны в протяженных трубопроводах осложнено трудоемкостью проведения экспериментов. Коэффициент затухания акустической волны зависит от многих параметров и свойств системы, описать которые в реальных условиях является очень трудоемкой задачей. Для того чтобы упростить задачу, будем использовать процедуру аппроксимации для определения коэффициента затухания акустической волны двумя способами [1].

В настоящее время задача аппроксимации является актуальной темой практически для каждого технического исследования. В то же время определение коэффициента затухания акустической волны в протяженных трубопроводах становится крайне важной задачей в последнее время. На принципе регистрации акустических возмущений работают многие современные методы диагностики состояний магистральных нефте-, газо- и продуктопроводов.

Затухание волновых процессов в турбулентном потоке происходит в основном благодаря силам вязкого трения. Отношение сил трения к силам инерции потока характеризует число Рейнольдса:

$$\eta = \eta(\text{Re}) = \eta \left(\frac{u_0 D}{\nu} \right).$$

Решение задачи аппроксимации коэффициента затухания с помощью полиномов Чебышева.

Пусть есть данные, полученные практическим путем (в ходе эксперимента или наблюдения). Введем непрерывную функцию $\eta(\text{Re})$ для аппроксимации дискретной зависимости $\hat{\eta}(\text{Re}_i)$, $i = 0, \dots, m$. Будем считать, что функция $\eta(\text{Re})$ построена по условию наилучшего квадратичного приближения, если:

$$S = \sum_{i=0}^n [\eta(\text{Re}_i) - \hat{\eta}(\text{Re}_i, c)]^2 \rightarrow \min.$$

Задача сводится к минимизации по вектору c . Рассмотрим случай линейной аппроксимации: $\hat{\eta} = c_0 + c_1 T_1(\text{Re}) + \dots + c_{n-1} T_{n-1}(\text{Re})$, где $T_i(\text{Re})$ – полиномы Чебышева i -й степени.

Очевидно, что частные производные функции при оптимальном выборе неизвестных коэффициентов многочлена должны обращаться в нуль, откуда из условий минимума получаем:

$$\frac{\partial S}{\partial c_0} = 0; \quad \frac{\partial S}{\partial c_1} = 0; \quad \dots; \quad \frac{\partial S}{\partial c_n} = 0; \quad n < m;$$

$$\frac{\partial S}{\partial c_j} = \sum_{i=0}^m 2(\eta_i - c_0 - c_1 T_1(\text{Re}_i) - \dots - c_{n-1} T_{n-1}(\text{Re}_i))(-T_j(\text{Re}_i)) = 0;$$

$$\left(\sum_{i=0}^m T_j(\text{Re}_i) \right) c_0 + \left(\sum_{i=0}^m T_1(\text{Re}_i) T_j(\text{Re}_i) \right) c_1 + \dots + \left(\sum_{i=0}^m T_{n-1}(\text{Re}_i) T_j(\text{Re}_i) \right) c_{n-1}; j = \overline{0, n-1}.$$

Перейдём к векторно-матричному виду введя матрицу

$$A = \begin{pmatrix} \sum_{i=0}^{m-1} T_0(\text{Re}_i) & \sum_{i=0}^{m-1} T_1(\text{Re}_i) T_0(\text{Re}_i) & \sum_{i=0}^{m-1} T_{n-1}(\text{Re}_i) T_0(\text{Re}_i) \\ \sum_{i=0}^{m-1} T_1(\text{Re}_i) & \sum_{i=0}^{m-1} T_1(\text{Re}_i) T_1(\text{Re}_i) & \sum_{i=0}^{m-1} T_{n-1}(\text{Re}_i) T_1(\text{Re}_i) \\ \sum_{i=0}^{m-1} T_{n-1}(\text{Re}_i) & \sum_{i=0}^{m-1} T_1(\text{Re}_i) T_{n-1}(\text{Re}_i) & \sum_{i=0}^{m-1} T_{n-1}(\text{Re}_i) T_{n-1}(\text{Re}_i) \end{pmatrix}$$

и векторы $c = \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \\ \dots \\ c_{n-1} \end{pmatrix}, b = \begin{pmatrix} \sum_{i=1}^m \eta_i T_0(\text{Re}_i) \\ \sum_{i=1}^m \eta_i T_1(\text{Re}_i) \\ \dots \\ \sum_{i=1}^m \eta_i T_{n-1}(\text{Re}_i) \end{pmatrix}.$

В результате получаем систему алгебраических уравнений $Ac = b$.

Далее решаем полученную систему линейных уравнений относительно коэффициентов $c_0 \dots c_m$. Полученные коэффициенты c_i подставляем в исходное уравнение, тем самым получая приближенную функцию. Таким образом, задача аппроксимации решена [2].

Далее рассмотрим эту же задачу аппроксимации для определения коэффициента затухания акустической волны с использованием ортонормированной системы функций, построенной алгоритмом Грамма–Шмидта [3].

Исходной системой векторов является ряд полиномов до n -го порядка

$$G = \{1, \text{Re}, \text{Re}^2, \text{Re}^3, \text{Re}^4, \text{Re}^5, \dots\}.$$

Исследуем систему на заданном интервале значений. Далее получаем вектор, значения которого равны координатам, и строим систему векторов:

$$\begin{cases} \vec{a}_0 = g_0(\overline{\text{Re}}) \\ \vec{a}_1 = g_1(\overline{\text{Re}}) \\ \dots \\ \vec{a}_n = g_n(\overline{\text{Re}}). \end{cases}$$

На основе счётного множества линейно независимых векторов мы строим ортонормированную систему векторов $\vec{z}_0, \vec{z}_1, \dots, \vec{z}_5$ с помощью алгоритма Грамма–Шмидта [3]. Далее задача сводится к проведению процедуры аппроксимации с помощью полученной нами системы векторов.

Заключение. Проведем оценку методов и сравним их по точности. При вычислениях используется алгоритм Грамма–Шмидта. Данный алгоритм относится к численно неустойчивым алгоритмам. При вычислении коэффициентов разложения ошибки округления и погрешности численного интегрирования накапливаются с увеличением номера полинома. Также погрешность будет возникать при табулировании функции, так как данные будут не точные, а приближенные. Говоря о методе наименьших квадратов, можно отметить, что его погрешность можно вычислить по формуле. Для того чтобы вычислить погрешность, требуется реализация, поэтому сравнение методов по погрешностям можно будет провести только после проведения расчетов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Барбаиов Е.Д., Гликман Б.Ф., Казаков А.А., Морозов С.А. Экспериментальное исследование акустических характеристик столба жидкости в непроточных трубах // Акуст. журн. 1996. Т. 42, №4. С. 478–488.
2. Аппроксимация функций методом наименьших квадратов [Электронный ресурс]. <http://dit.isuct.ru/ivt/sitanov/Literatura/Glava3.htm>
3. Светлаков А.А. Традиционное и нетрадиционное оценивание неизвестных величин: учеб. пособие в 2 ч.: Томск: Том. гос. ун-т систем упр. и радиотехники, 2007. 550 с.

АППРОКСИМАЦИЯ НАПОРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ

А.С. Карагодин, П.П. Ткачев, А.А. Головина, студенты каф. АСУ
Научный руководитель А.А. Светлаков, профессор каф. ЭСАУ, д.т.н.
г. Томск, ТУСУР, zidane_9b@mail.ru

Одной из задач моделирования трубопроводной системы является моделирование работы насосных агрегатов. При моделировании работы насоса очень важно использование напорной характеристики (это функция, отображающая зависимость напора H , выраженная в метрах [м], от подачи Q , измеряемой в кубометрах в час [м³/ч] (рис. 1)), которая максимально приближена к реальной. Зачастую такие характеристики представлены в специальных справочниках и каталогах насосного оборудования (технические паспорта НА).

Известно, что в НА, перекачивающих жидкие среды, напорные характеристики различны. На это влияют различные факторы, такие как потребляемая мощность электродвигателя, скорости перекачки и давление на входе, в коллекторе и на выходе жидкой среды. Только при наличии достаточного количества датчиков, отслеживающих все перечисленные факторы, можно получить напорные характеристики и воздействовать на НА таким образом, чтобы своевременно устранять нежелательные отклонения его режима от запланированного [1].

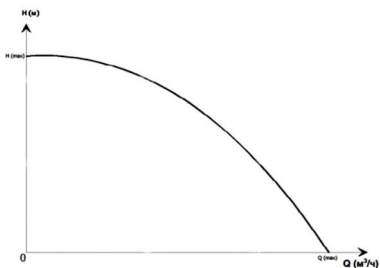


Рис. 1. Напорная характеристика насоса

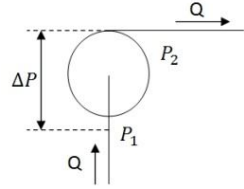
В связи с этим возникает задача аппроксимации напорной характеристики на основе имеющихся данных о параметрах работы НА.

При формировании математической модели течения жидкости в насосе пренебрегаем сжимаемостью жидкости и податливостью стенок насоса, т.к. скорость жидкости в проточной части достаточно велика. А также ограничимся наиболее простым режимом работы насоса – без кавитационных явлений в проточной части, т.к. кавитация сказывается на отношении амплитуды колебаний давления на выходе из НА к амплитуде на его выходе. При таких предположениях перепад давления, создаваемый насосом, описывается многочленом:

$$\frac{P_2 - P_1}{\rho \cdot N^2} = A_1 + A_2 \frac{Q}{N} + A_3 \left(\frac{Q}{N} \right)^2, \quad (1)$$

где A_1, A_2, A_3 – коэффициенты напорной характеристики насоса, Q – объемный расход через насос, N – текущее число оборотов насоса в минуту, P_1, P_2 – давление до насоса и за насосом соответственно (рис. 2).

Рис. 2. Схема центробежного насоса



Пусть у нас есть произвольные напорные характеристики НА, записанные уже в табличном виде. На основании этих данных требуется подобрать такую функцию $\hat{H} = \hat{H}(Q)$, которая наилучшим образом представляла бы экспериментальную зависимость между переменными и по возможности точно отражала общую тенденцию зависимости между напором H и подачей Q , исключая погрешности измерений и случайные отклонения. Это значит, что отклонения $H_i - \hat{H}(Q_i)$ в каком-то смысле были бы наименьшими.

Введем непрерывную функцию $\hat{H}(Q)$ для аппроксимации дискретной зависимости $\hat{H}(Q_i)$, $i = 0 \dots m$. Будем считать, что функция $\hat{H}(Q)$ построена по условию наилучшего квадратичного приближения, если:

$$S = \sum_{i=0}^{m-1} (H(Q_i) - \hat{H}_i(Q_i, a))^2 \rightarrow \min, \quad (2)$$

$$\hat{H} = \hat{H}(Q_i, a). \quad (3)$$

Задача сводится к минимизации данной функции по вектору a [2]. Как известно, частные производные функции при оптимальном выборе неизвестных коэффициентов многочлена должны обращаться в нуль, откуда из условий минимума получаем:

$$\frac{\partial S}{\partial a_0} = 0; \dots \frac{\partial S}{\partial a_{n-1}} = 0; \quad n < m. \quad (4)$$

Далее считаем, что аппроксимирующая функция представлена в следующем виде:

$$\hat{H} = a_0 + a_1 L_1(Q) + \dots + a_{n-1} L_{n-1}(Q), \quad (5)$$

где $L_i(Q)$ – полиномы Лежандра i -й степени.

$$S = \sum_{i=0}^{m-1} (H_i - a_0 - a_1 L_1(Q) - \dots - a_{n-1} L_{n-1}(Q))^2 = \min; \quad (6)$$

Дифференцируя эту функцию, получаем следующую систему уравнений в развернутом виде:

$$\frac{\partial S}{\partial c_j} = \sum_{i=1}^m 2(H_i - \hat{H})(-L_j(Q_i)) = 0; \quad (7)$$

$$- \sum_{i=0}^{m-1} H_i L_j(Q_i) + \sum_{i=0}^{m-1} a_0 L_j(Q_i) + a_1 L_j(Q_i) L_1(Q_i) + \dots + a_{n-1} L_j(Q_i) L_{n-1}(Q_i) = 0; \quad (8)$$

$$(\sum_{i=0}^{m-1} L_j(Q_i)) a_0 + (\sum_{i=0}^{m-1} L_1(Q_i) L_j(Q_i)) a_1 + \dots + (\sum_{i=0}^{m-1} L_{n-1}(Q_i) L_j(Q_i)) a_{n-1}; j = 0, n-1. \quad (9)$$

Перейдем к векторно-матричному виду:

$$A = \begin{pmatrix} \sum_{i=0}^{m-1} L_0(t_i) & \sum_{i=0}^{m-1} L_1(t_i)L_0(t_i) & \sum_{i=0}^{m-1} L_{n-1}(t_i)L_0(t_i) \\ \sum_{i=0}^{m-1} L_1(t_i) & \sum_{i=0}^{m-1} L_1(t_i)L_1(t_i) & \sum_{i=0}^{m-1} L_{n-1}(t_i)L_1(t_i) \\ \dots & \dots & \dots \\ \sum_{i=0}^{m-1} L_{n-1}(t_i) & \sum_{i=0}^{m-1} L_1(t_i)L_{n-1}(t_i) & \sum_{i=0}^{m-1} L_{n-1}(t_i)L_{n-1}(t_i) \end{pmatrix}, \quad (10)$$

$$a = \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \dots \\ a_{n-1} \end{pmatrix}, \quad (11)$$

$$b = \begin{pmatrix} \sum_{i=1}^m N_i L_0(V_i) \\ \sum_{i=1}^m N_i L_1(V_i) \\ \dots \\ \sum_{i=1}^m N_i L_{n-1}(V_i) \end{pmatrix}, \quad (12)$$

где A – матрица коэффициентов, a – искомый вектор, b – правая часть. В векторно-матричном виде функция имеет вид $Aa = b$.

В результате мы получим систему алгебраических уравнений. После того как с помощью, например, метода Гаусса найдены коэффициенты, можно построить аппроксимирующую функцию или вычислить координаты заданной точки. Полученные коэффициенты a_i подставляем в функцию (5). Тем самым мы можем получить различные значения этой функции. Таким образом, задача аппроксимации решена [3].

Говоря о методе наименьших квадратов, можно отметить, что погрешность может возникнуть при переходе от графического к табличному виду. Для того чтобы вычислить погрешность, требуется программная реализация алгоритма.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жабо В.В., Уваров В.В. Гидравлика и насосы: учеб. для учащихся энергетических и энергостроительных техникумов. М.: Энергия, 1976. 280 с.
2. Светлаков А.А. Традиционное и нетрадиционное оценивание неизвестных величин: в 2 ч. Ч. 1. Простейшие задачи оценивания неизвестных величин по результатам их экспериментальных измерений: учеб. пособие. Томск: Том. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2007. 550 с.
3. Аппроксимация функций методом наименьших квадратов [Электронный ресурс]. solidbase.karelia.ru. URL: http://solidbase.karelia.ru/edu/meth_calc/files/09.shtm

УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЁТОМ КВАДРОКОПТЕРА ПО GPS-КООРДИНАТАМ

*С.В. Конончук, К.Н. Оширов, Р.Р. Рахматов,
М.С. Рыбаков, Р.А. Чернов, студенты каф. АСУ
Научный руководитель А.Н. Горитов, проф. каф. АСУ, д.т.н.
г. Томск, ТУСУР, rahmanjanrr@gmail.com
Проект ГПО АСУ-1503 «Методы и алгоритмы управления
квадрокоптером»*

На сегодняшний день для решения обширного круга задач активно используются мультикоптеры [1] – легкие и маневренные летательные аппараты, которые могут управляться с земли, либо работать автономно, практически не требуя участия человека.

Важнейшим устройством, обеспечивающим функционирование мультикоптера, является полетный контроллер, представляющий собой программируемое устройство, которое регулирует положение мультикоптера, на основе сигналов с пульта управления, датчиков высоты, GPS, сонара и т.п. [2].

Основными преимуществами летательных аппаратов подобного типа являются:

- простота конструкции;
- маневренность;
- относительно большая грузоподъемность;
- безопасность использования в густонаселенных пунктах (аппарат, как правило, достаточно легкий и его падение не вызовет сильных разрушений);
- дешевизна использования (не требуется дорогостоящее топливо в больших количествах).

Благодаря GPS-модулю квадрокоптер может ориентироваться на открытой местности, что позволяет сделать управление квадрокоптером более автономным. Для управления аппаратом предполагается использовать программное обеспечение, которое позволяет задать маршрут полёта по заданным GPS-координатам.

Для правильного полёта используется следующий алгоритм действий:

1. В программном обеспечении для ПК пользователь составляет маршрут для летательного аппарата.
2. Программное обеспечение преобразует маршрут в выходной файл и загружает его на квадрокоптер посредством прямого подключения через USB.

3. При запуске квадрокоптера программа полёта по заданному маршруту инициализируется командной с пульта управления и выполняется облёт по маршруту.

Применение данного решения позволяет уменьшить степень участия человека в пилотировании, нивелировать необходимость зрительного контакта пилота с аппаратом, что дает возможность проводить полеты в любое время суток, а также увеличить дальность полёта за счет более оптимального использования аккумулятора.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Информационная* страница о квадрокоптерах на русском языке [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Квадрокоптер>, свободный.

2. *Информационная* страница о комплектующих для квадрокоптера на английском языке [Электронный ресурс]. URL: <http://www.hobbyking.com>, свободный.

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Я.В. Костелей

Научный руководитель А.А. Матолыгин

г. Томск, ТУСУР, yaninabaler@mail.ru

Одним из наиболее удобных способов восприятия человеком пространственной информации на компьютере является визуализация данных. Для предоставления визуального отображения трехмерных объектов часто используется проецирование на плоскость, что позволяет определять необходимую точку зрения или отбрасывать избыточную для решения задачи информацию.

Целью данной работы является предоставление изображения астрономических объектов – границ и фигур созвездий – на вращающейся сфере.

В качестве источников данных о границах и фигурах созвездий были взяты метаданные планетария TheSkyX [1] и данные Международного астрономического союза [2].

Объекты описываются вторыми экваториальными координатами: прямым восхождением и склонением, которые можно преобразовывать в другие системы координат по тем же правилам, как и полярные координаты.

Для графического отображения данных координаты звезд и опорных точек границ созвездий были переведены в декартову систему координат с помощью следующих преобразований:

$$\begin{cases} x = r \sin \delta \sin \alpha, \\ y = r \cos \delta, \\ z = r \sin \delta \cos \alpha, \end{cases}$$

где x, y, z – координаты; r – радиус отображаемой сферы, на которую проецируются объекты; α, δ – прямое восхождение и склонение на эпоху 2000.

Ввиду того, что полученное отображение будет иллюстрировать только участок небесной сферы, необходимо создать механизм смены точки зрения. Для решения данной задачи преобразованные координаты одной точки размещаются в структуре данных, состоящей из однородных координат, массива идентификаторов точек, с которыми необходимо соединить данную точку, или флага, указывающего на необходимость провести линию из нее к следующему элементу объекта. Под однородными координатами принимают координаты, обладающие тем свойством, что определяемый ими объект не меняется при умножении всех координат на одно и то же ненулевое число.

Отображение данных производится с отсечением тех опорных точек, которые находятся за пределами положительной части оси z трехмерной системы координат, что позволит не накладывать точки восточного и западного полушария небесной сферы друг на друга.

Умножение однородных координат на матрицу вращения вокруг произвольной оси на постоянный угол в заданный момент времени позволяет произвести поворот сферы. В программе предусмотрен поворот объектов по всем осям системы координат, используя следующие матрицы преобразования:

$$M_x = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \beta & -\sin \beta & 0 \\ 0 & \sin \beta & \cos \beta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad M_y = \begin{bmatrix} \cos \beta & 0 & \sin \beta & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\sin \beta & 0 & \cos \beta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix},$$

$$M_z = \begin{bmatrix} \cos \beta & -\sin \beta & 0 & 0 \\ \sin \beta & \cos \beta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix},$$

где β – угол поворота; x, y, z – ось, вокруг которой будет вращаться объект.

Данная программа была использована для анализа графического отображения данных Международного астрономического союза. В результате данного анализа определены следующие неточности в данных:

- в объекте границ созвездия Лиры не была определена линия, замыкающая многоугольник;
- в объекте, характеризующем границы созвездия Малой Медведицы, найдены линии, соединяющие контур границ с полюсом экватор

риальной системы координат, что не соответствует реальному отображению объекта.

Другой областью применения программы являлась проверка корректного перевода данных о фигурах и границах созвездий из пути в список ребер.

Демонстрация работы программы представлена на рис. 1.

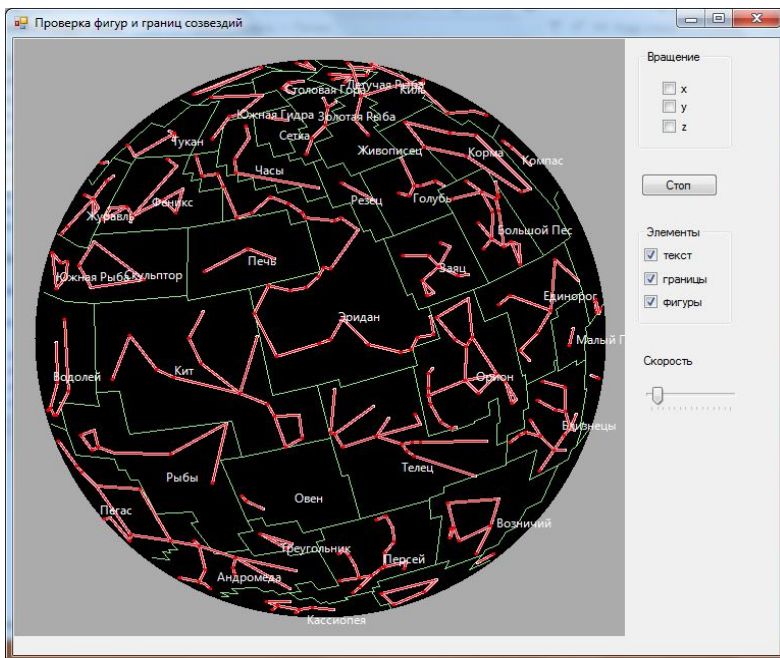


Рис. 1. Демонстрация работы программы

ЛИТЕРАТУРА

1. *TheSkyX* [Электронный ресурс]. SoftwareBisque. Режим доступа: <http://www.bisque.com/sc/pages/TheSkyX-Editions.aspx>, свободный (дата обращения: 29.09.2014).
2. *TheConstellations* [Электронный ресурс]. The International Astronomical Union. Режим доступа: <http://iau.org/public/themes/constellations/>, свободный (дата обращения: 12.09.2014).

КОМПЛЕКСНАЯ ОБРАБОТКА АСТРОНОМИЧЕСКИХ ДАННЫХ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ БАЗЫ ДАННЫХ

Я.В. Костелей

*Научный руководитель А.А. Матолыгин
г. Томск, ТУСУР, yaninabaler@mail.ru*

Разработка средств визуализации астрономических объектов, таких как планетарии и системы обработки астрономических данных, требует создания баз данных, которые могли бы хранить актуальную информацию об астрономических объектах. Разнообразные астрономические источники данных, характеризующие звезды и созвездия, могут требовать дополнительной обработки и согласования идентификаторов объектов для удовлетворения данных требований.

Целью данной работы является разработка средств автоматизированной обработки и согласования данных для астрономической базы данных Android-приложения «Звездное небо».

Для отображения таких объектов, как границы и фигуры созвездий, на экране устройства необходимо определить структуру, которая бы позволяла производить прорисовку только тех участков звездного неба, которые видимы в данный момент. При этом показания датчиков (акселерометра) изменяются с быстрой частотой, что требует не производить полный перебор всех соединительных линий, а отображать только те линии, соединительные точки которых находятся в видимом секторе. В данном случае объекты будут определяться как неориентированный граф.

При разработке приложения определена следующая структура границ и фигур созвездий, реализованная в базе данных:

- идентификатор опорной точки – вершины;
- экваториальные координаты объекта, если они необходимы;
- идентификаторы объектов, с которыми необходимо соединить текущий объект.

Данный способ представления графа называется списком ребер.

Во многих компьютерных планетариях данные объекты определяются как путь. Понятие «путь» в данном случае определяется как последовательность точек с указанием того, нужно ли соединять текущую и предыдущую точки между собой. Данные планетария TheSkyX [1], характеризующие фигуры созвездия, представляют собой путь, где идентификатором точки-звезды является номер в каталоге Hipparcos, что требует для текущей задачи перевести данные в необходимую структуру и переопределить идентификаторы объектов из номера каталога Hipparcos в идентификатор звезды базы данных.

Данное преобразование произведено с помощью созданной программы на языке C# по следующему алгоритму:

- по данным планетария TheSkyX произвести выборку из пути всех звезд-вершин в массив структур, соответствующих списку ребер;
- по данным каталога NYG [2] определить словарь соответствия идентификаторов звезд в базе данных номерам каталога NYG;
- пройти по всему пути и занести в структуру элемента массива идентификаторы вершин, с которыми текущая вершина соединяется, по принципу: если текущая вершина не равна последующей и у последующей вершины поднят флаг того, что ребро между этими вершинами есть, занести в структуру элемента текущей вершины идентификатор последующей и наоборот;
- произвести запись в файл полученного списка ребер с переопределением идентификаторов с помощью созданного словаря.

Данные о границах созвездий, взятые с сайта Международного астрономического союза [3], представляют собой последовательность точек, соединяющихся между собой в рамках одного созвездия, то есть одна строка данных представляет собой идентификатор созвездия и координаты точки. Обработка данных произведена в созданной программе по следующему алгоритму:

- пройти по пути, определив по координатам массив структур, характеризующих неповторяющиеся точки, обозначая собственный идентификатор элемента;
- создать словарь, определяющий соответствие идентификатора элемента пути и идентификатора неповторяющихся точек;
- произвести повторный проход по элементам пути и занести в структуру элементов массива идентификаторы вершин, с которыми текущая вершина соединяется, с помощью созданного словаря по принципу: если идентификатор созвездия текущей вершины равен идентификатору созвездия последующей точки, занести в структуру элемента текущей вершины идентификатор последующей и наоборот;
- записать в файл полученный список ребер.

В связи с отсутствием готовых данных о принадлежности звезд к созвездиям было решено получить данную информацию путем расчетов, учитывая, что известными данными являются прямое восхождение и склонение звезд и граничных точек созвездий на эпоху 2000, последовательно соединяющих границы. Данную задачу можно свести к задаче определения вхождения точки в многоугольник. Одним из методов решения данной задачи является метод трассировки луча (учёт числа пересечений).

Суть данного метода заключается в следующем. Выпускается луч из данной точки в произвольном направлении (например, в положительном направлении горизонтальной оси) и подсчитывается, сколько раз луч пересекает рёбра многоугольника. Если число пересечений нечётно, то объявляется, что точка лежит внутри многоугольника, если чётно – то снаружи [4].

Данный алгоритм реализован в консольном приложении, которое из двух текстовых файлов (формат csv), содержащих координаты и идентификаторы границ созвездий и звезд, однозначно определяет в выходной текстовый файл пару: идентификатор звезды и идентификатор созвездия, которому она принадлежит. Полученные данные легко вставляются в имеющуюся таблицу источника данных HYG.

Для организации автоматизированного конвертирования источника данных в базу данных написана программа на языке C#, которая формирует текстовый файл, содержащий команды sql на создание таблиц и вставку необходимых данных из совокупности источников, а далее выполняет их в системе управления базами данных SQLite с помощью команды .read. В программе имеется возможность изменять количество записей о звездах в зависимости от видимой звездной величины (мера световосприятия яркости небесного тела, как его видит наблюдатель на Земле, скорректированная до значения, которое она имела бы при отсутствии атмосферы [5]). На выходе получается файл star.db, представляющий собой базу данных, которую можно пометить в активы приложения Android.

ЛИТЕРАТУРА

1. *TheSkyX* [Электронный ресурс]. SoftwareBisque. Режим доступа: <http://www.bisque.com/sc/pages/TheSkyX-Editions.aspx>, свободный (дата обращения: 29.09.2014).
2. *The HYG database* [Электронный ресурс]. TheAstronomyNexus, Режим доступа: <http://astronexus.com/hyg>, свободный (дата обращения: 15.04.2013).
3. *TheConstellations* [Электронный ресурс]. The International Astronomical Union, Режим доступа: <http://iau.org/public/themes/constellations/>, свободный (дата обращения: 12.09.2014).
4. *Проверка принадлежности точки многоугольнику* [Электронный ресурс]. Алгоритмы и методы. Режим доступа: <http://algorist.manual.ru/maths/geom/belong/poly2d.php>, свободный (дата обращения: 20.09.2014).
5. *Звездная величина* [Электронный ресурс]. Астронет. Режим доступа: <http://www.astronet.ru/db/msg/1174337>, свободный (дата обращения: 15.04.2014).

СТАТИСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДВУХСЛОЙНОЙ ОБЛАЧНОСТИ И ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ПО ДАННЫМ MODIS

*И.С. Кожевников, С.И. Яковченко, Е.Е. Есимхан, студенты
каф. АСУ ТУСУРА, К.В. Курьянович, аспирант ИОА СО РАН
Научный руководитель В.Г. Астафуров, профессор каф. АСУ, д.ф.-м.н.
г. Томск, ТУСУР, vano315@mail.ru*

Одним из факторов, определяющих среднее альбедо планеты и перенос излучения в системе «атмосфера–подстилающая поверхность», является облачность [1]. Информацию, описывающую облачный покров и применяемую для решения широкого круга практических задач, связанных с метеорологией, климатологией, лесным и сельским хозяйством, получают с помощью систем дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) из космоса. В данной работе такая информация представлена спутниковыми снимками MODIS.

Целью работы является построение статистической модели текстуры изображений двухслойной облачности при наличии перистых облаков, построение статистической модели подстилающей поверхности и перистых облаков. При исследовании двухслойной облачности необходимо понять, как влияет верхний ярус облаков (перистые облака) на текстуру нижнего яруса. Аналогично, как влияет перистая облачность на текстуру подстилающей поверхности. Чтобы разобраться в данной проблеме, необходимо изучить текстуру двухслойной облачности, отдельно верхнего и нижнего ярусов облаков и текстуру подстилающей поверхности. Сделать это можно при помощи текстурных признаков. Существует несколько методов описания и анализа текстуры:

1. Gray-Level Difference Vector (GLDV), или метод вектора разности уровней яркости, основанный на вычислении оценок вероятностей значений абсолютных разностей уровней яркости пар элементов изображений (пикселей) [2].

2. Gray-Level Co-occurrence Matrix (GLCM), или метод матрицы смежности [3–5];

3. Sum and Difference Histograms (SADH), или метод, основанный на вычислении локальных свойств гистограмм суммы и разности уровней яркости пар элементов изображения [6].

Текстурные признаки для каждого метода можно найти в работах [2–6].

Общая схема вычисления текстурных признаков для перечисленных выше методов приведена на рис. 1.

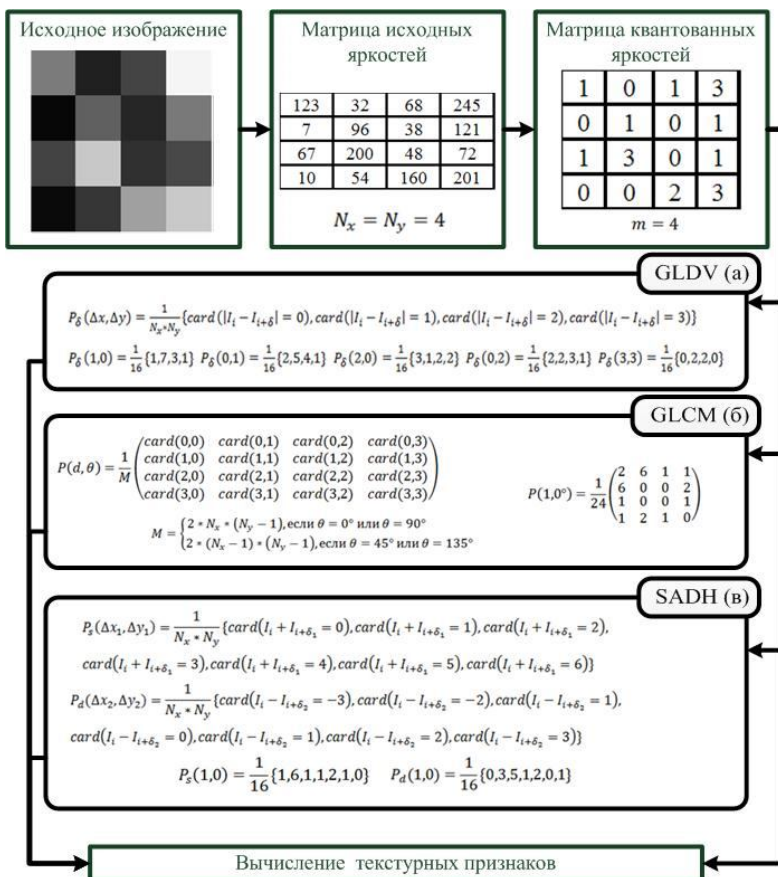


Рис. 1. Схема вычисления текстурных признаков

Для применения перечисленных методов были сформированы выборки фрагментов изображений двухслойной облачности и подстилающей поверхности, на которых применялись два метода статистического подхода к описанию текстуры изображений: GLCM и GLDV, основанные на получении статистической информации о взаимном расположении пикселей с определенной яркостью в исследуемом фрагменте изображения.

В работе представлены результаты построения статистической модели текстуры изображений для двухслойной облачности при наличии перистой облачности и каждого яруса в отдельности. Приведены гистограммы значений текстурных признаков и «подобранные» с по-

мощью критерия Колмогорова–Смирнова распределения с найденными оценками их параметров. Примеры построенных гистограмм для признака энтропия метода GLDV приведены на рис. 2.

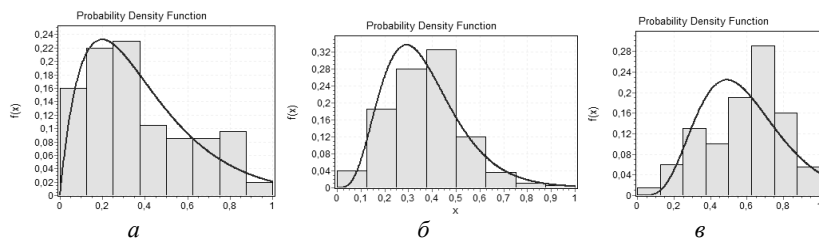


Рис. 2. Гистограммы текстурного признака «энтропия» метода GLDV для двухъярусной облачности (верхний ярус – перистая когтевидная, нижний – кучевые плоские) (а); перистый когтевидной (б) и кучевых плоских облаков (в)

На примере построенных моделей показано влияние перистой облачности на текстуру нижнего яруса облаков и подстилающей поверхности. Проведено сравнение результатов для двухслойной и однослойной облачности, верхнего яруса облаков (перистые облака) и подстилающей поверхности. Построенную в работе статистическую модель текстуры изображений двухслойной облачности можно рассматривать как дополнение к существующим моделям облачных полей и использовать для улучшения результатов классификации многослойной облачности.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Облака и облачная атмосфера: Справочник* / Под ред. И.П. Мазина, А.Х. Хргиана Л.: Гидрометеиздат, 1989. 647 с.
2. *Weszka Joan S., Dyer Charles R., Rosenfeld A.* A comparative study of texture measures for terrain classification // *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*. April 1976. Vol. SMC-6, №4. P. 269–285.
3. *Харалик Р.М.* Статистический и структурный подходы к описанию текстур // *ТИИЭР*. 1979. Т. 67, №5. С. 98–120.
4. *Haralick R.M., Shanmugam K., Dinstein I.* Textural features for image classification // *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*. November 1973. Vol. SMC-3. №6. P. 610–621.
5. *Колодникова Н.В.* Обзор текстурных признаков для задач распознавания образов // *Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники*. 2004. Т. 9, №1. С. 113–124.
6. *Unser M.* Sum and difference histograms for texture classification // *IEEE Transaction on System, Pattern Analysis and Machine Intelligence*. Vol. PAMI-8, №1. P. 118–125.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СЕТИ ПУТЕМ ОПТИМАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

К.А. Куприна, студентка

*Научный руководитель: Л.В. Толстихина, к.т.н., доцент
г. Саяногорск, РП Черемушки, Саяно-Шушенский филиал Сибирского
федерального университета, kristinka22.10.1994@mail.ru*

Оптимальное распределение нагрузки означает режим работы нескольких ГЭС, ранее не связанных этим режимом. Как правило, выбирают самый экономичный вариант из допустимых, при котором обеспечивается минимум суммарного расхода воды при заданной в каждый момент времени нагрузке потребителей:

$$I(Z) \rightarrow \min,$$

где $I = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3$ – суммарный относительный прирост расхода воды.

В данном примере для определения оптимального режима использовался метод приведенного градиента с учетом ограничений-неравенств на контролируемые параметры режима и с соблюдением баланса мощности:

$$P_1 + P_2 + P_3 + P_n = 0.$$

В данной статье рассматривается оптимальная работа ГЭС ОЭС Северо-Запада: Верхнетериберской ГЭС, Серебрянской ГЭС-1 и Нижне-Туломской ГЭС.

Характеристики относительных приростов расхода воды для данных станций имеют вид:

$$\varepsilon_1 = 0,0005 P_1^2 + 0,005 P_1 + 1,08;$$

$$\varepsilon_2 = 0,00015 P_2^2 + 0,005 P_2 + 0,68;$$

$$\varepsilon_3 = 0,0002 P_3^2 + 0,006 P_3 + 0,84.$$

Зависимая компонента – установленная мощность Серебрянской ГЭС-1 $X = |P_{r2}|$, независимыми переменными являются мощности Нижне-Туломской ГЭС и Верхнетериберской ГЭС $Y = |P_{r1}, P_{r3}|$ соответственно.

Ограничения на генерируемые мощности, МВт:

$$50 \leq P_1 \leq 57,20;$$

$$180 \leq P_2 \leq 204,9;$$

$$120 \leq P_3 \leq 130.$$

Мощность нагрузки составляет: $P_n = 370$ МВт.

В вычислениях использовались допустимый, оптимальный шаг:

$$t_{k \text{ доп}} = \frac{P_{k \max} - P_{rk}}{\left. \frac{\partial I}{\partial P_{rk}} \right|_{t=0}};$$

$$t_{\text{опт}} = \frac{\frac{\partial H}{\partial t}|_{t=t_0} \cdot t_0}{\frac{\partial H}{\partial t}|_{t=0} - \frac{\partial H}{\partial t}|_{t=t_0}}.$$

Процесс можно считать завершенным после того, как производная сменила знак $\frac{\partial H}{\partial t}|_{t=0}$.

Результаты расчетов представлены в таблице.

Оптимизация режима ГЭС методом приведенного градиента

№	$t_{\text{доп1}}$	$t_{\text{доп2}}$	$t_{\text{доп3}}$	$t_{\text{доп min}}$	$t_{\text{опт}}$	P_1 , МВт	P_2 , МВт	P_3 , МВт
1	1,412	2,398	3,086	1,412	—	57,2	124,6	188,2
2	0,000	11,044	2,418	0,000	—	57,2	124,6	188,2
3	—	3,670	2,418	2,418	—	57,2	130,0	182,8
4	—				-1,009	57,2	126,4	186,4

Рассчитаем установившиеся режимы до оптимизации и после оптимизации.

Напряжения установившегося режима до оптимизации составляют $U_1 = 150$ кВ, $U_2 = 157,55$ кВ, $U_3 = 157,50$ кВ. Потери мощности в сети равны $\Delta P = 0,9359$ МВт.

ГЭС работают в ОЭС Северо-Запада. Цена за 1 кВт·ч составляет 2,34 руб. Стоимость потерь электроэнергии за год:

$$\Delta A \approx 19,2 \text{ млн руб.}$$

Напряжения установившегося режима после оптимизации составляют $U_1 = 150$ кВ, $U_2 = 157,11$ кВ, $U_3 = 157,27$ кВ. Потери мощности в сети равны $\Delta P = 0,8332$ МВт.

Стоимость потерь электроэнергии за год:

$$\Delta A \approx 17,1 \text{ млн руб.}$$

Оптимизационные мероприятия позволяют сэкономить за год 2,1 млн руб.

Расчет оптимального режима ГЭС влияет на технико-экономические показатели электрической сети и позволяет добиться экономии денежных средств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Веников В.А., Астахов Ю.Н., Ежков В.В. и др. Электроэнергетические системы в примерах и иллюстрациях. М.: Энергоатомиздат, 1983. Гл. 3, №3.8. С. 207–229.
2. Филиппова Т.А. Оптимизация энергетических режимов гидроагрегатов гидроэлектростанций // Энергия. 1975.

АЛГОРИТМЫ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Ю.С. Ломаев, магистрант каф. САиИО

*Научный руководитель Е.А. Попов, профессор каф. САиИО, д.ф.-м.н.
г. Красноярск, СибГАУ им. М.Ф. Решетнева, lomai@rambler.ru*

При изучении свойств веществ в спектроскопии необходимо руководствоваться модельным подходом для получения полезной информации о структуре и свойствах рассматриваемого образца. Для этого производится построение модели исходного объекта, исходя из которой представляется возможным получить необходимые данные. В представленной работе рассматривается исследование экспериментально полученного спектра поглощения кристалла $\text{ErFe}_3(\text{BO}_3)_4$. Для проведения исследования спектра поглощения выполняются следующие шаги: реализация алгоритма шумоподавления; идентификация линии в спектре; выбор математической модели, описывающей соответствующий спектр; реализация алгоритмов оптимизации для настройки параметров идентифицируемых линий спектра.

В качестве алгоритма шумоподавления использовалась адаптивная фильтрация Винера. В основе работы метода фильтрации Винера заложено рассмотрение сигналов и шумов в качестве статистических моделей [1]. На рис. 1 изображены исходный спектр поглощения кристалла $\text{ErFe}_3(\text{BO}_3)_4$ (участок спектра ${}^4\text{F}_{9/2}$ (D), обозначен серой линией) и результат его фильтрации (черные точки).

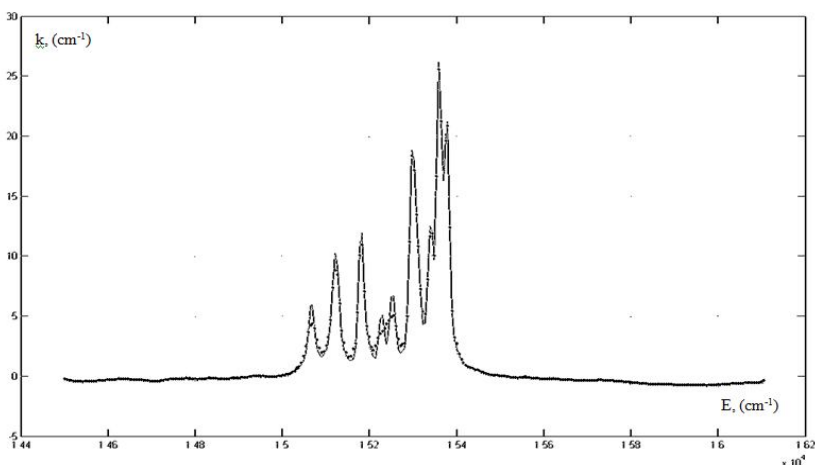


Рис. 1. Исходный спектр поглощения $\text{ErFe}_3(\text{BO}_3)_4$ и его фильтрация

Идентификация числа линий в спектре реализуется при помощи совместной работы методов производной спектроскопии и кластерного анализа. Суть метода численного дифференцирования (derivative spectroscopy) заключается в использовании первых или высших производных интенсивности поглощения k по отношению к энергии поглощения E . В общем случае при высоком порядке дифференцирования для выделения пиков необходимо выполнение условий:

$$\begin{cases} f^{(2t-1)}(E) = \frac{d^{2t-1}k}{dE^{2t-1}} = 0; \\ f^{(2t)}(E) = \frac{d^{2t}k}{dE^{2t}} > (<) 0 \end{cases} \text{ для } t \geq 2, t - \text{порядок дифференцирования}$$

[2]. На основе рассмотрения производных, а в частности, производных высших порядков можно сделать предварительные выводы о числе гауссовых линий в спектре. Используем производную 5-го порядка и выделяем экстремальные (пиковые) точки (на рис. 2 обведены кругами).

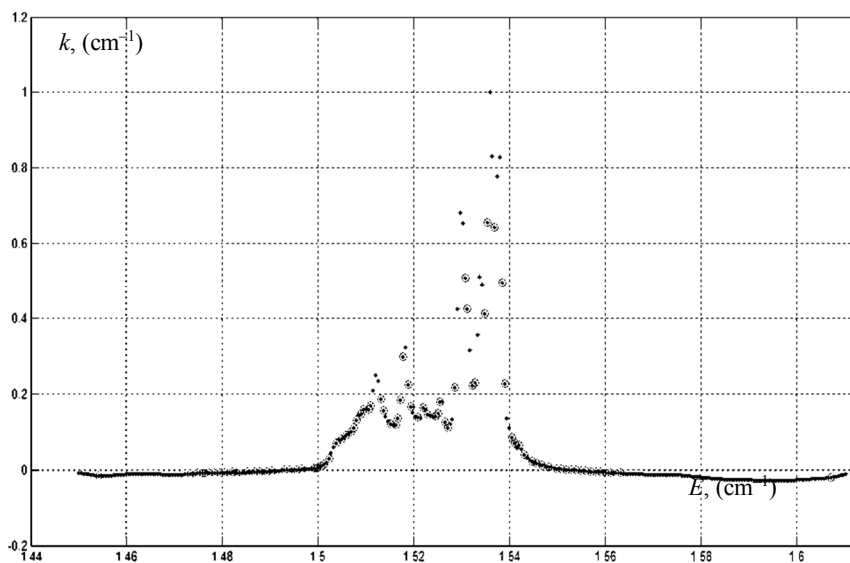


Рис. 2. Численное дифференцирование спектра

Далее применяем методы кластерного анализа для группировки экстремальных точек в кластеры – пики. В реализуемом алгоритме кластеризации в качестве правила объединения множеств использовался метод Варда, в качестве метрики – квадратичная Евклидова метрика [3]. Таким образом, на основе применения численного дифференцирования и кластеризации экстремальных точек выделяется 10 пиковых линий в спектре.

В качестве математической модели рассмотрим аппроксимацию спектра функциями Гаусса. Функция Гаусса имеет аналитически заданный вид: $G(x) = A * e^{-b^2 * (x-a)^2}$, где A – амплитуда линии Гаусса, b – полуширина гауссовой линии, a – абсцисса амплитуды линии. Для достижения лучшей аппроксимации необходимо найти параметры A , a , b , при этом различие между исходным спектром и его аппроксимацией должно быть минимальным (в смысле метода наименьших квадратов). Отыскание наилучших параметров производится при помощи методов оптимизации (метод имитации отжига, метод Нелдера–Мида, метод Хука–Дживса). Наилучший результат был достигнут при использовании метода Нелдера–Мида (на рис. 3 исходный спектр и аппроксимация спектра практически совпадают).

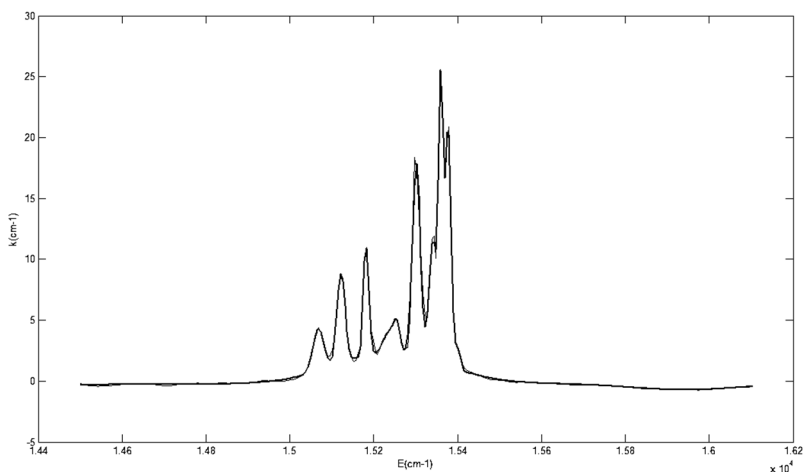


Рис. 3. Численное дифференцирование спектра

На основе полученных параметров A , b , a производится дальнейшая интерпретация физических свойств рассматриваемого образца.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Адаптивные фильтры* / Под ред. К.Н. Коуэна и П.М. Гранта. М.: Мир, 1988. 392 с.
2. *Кузяков Ю.Я. Методы спектрального анализа* / Ю.Я. Кузяков, К.А. Семеновенко, Н.Б. Зоров. М.: МГУ, 1990. 216 с.
3. *Классификация и кластер* / Под ред. Дж.Вэн Райзина. М.: Мир, 1980. 389 с.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ МЕЖЛАБОРАТОРНЫХ СЛИЧЕНИЙ

И.А. Маринушкина, аспирантка, С.А. Хруль, аспирант

Научный руководитель С.В. Муравьев, профессор, д.т.н.

г. Томск, ТПУ, кафедра КИСМ, irinamar@tpu.ru

Основной задачей проведения межлабораторных сличений (МС) при подтверждении компетентности поверочных, калибровочных или испытательных лабораторий является установление опорного значения измеряемой величины x_{ref} и его интервала неопределенности $u(x_{\text{ref}})$. Процедура сличений включает в себя проведение оценивания заданного номинального значения измеряемой величины несколькими лабораториями в соответствии с заранее установленными условиями. Лаборатории (участники сличений) представляют провайдеру (организатору) сличений оценки x_i номинального значения, характеризующиеся соответствующими стандартными неопределенностями $u(x_i)$. Процедура установления опорного значения должна обеспечивать возможность формирования наибольшего подмножества согласованных результатов сличений (оценок), из которого исключены ненадежные (несогласованные) оценки.

Существуют различные алгоритмы обработки результатов МС, основанные на статистических методах [1], которые зачастую могут иметь невысокую дискриминирующую способность, т.е. не всегда могут среди множества результатов сличений обнаружить ненадежные оценки.

Для проведения сравнительного анализа качества различных методов и выявления их особенностей на различных исходных данных сличений авторами разработан специальный программный комплекс, краткое описание которого приведено ниже.

Специальный программный комплекс (СПК) разработан в программной среде Microsoft Visual C# и реализует четыре метода обработки результатов сличений: процедуру А [2], метод, предложенный Х. Нильсеном [3], подход, основанный на агрегировании предпочтений [4] и статистический метод на основе критерия Граббса [5].

СПК позволяет моделировать результаты измерений лабораторий с помощью программного генератора псевдослучайных чисел, что дает возможность реализовывать метод Монте-Карло при анализе и сравнении различных алгоритмов обработки данных сличений. Также функционал СПК включает возможность выбора равномерного или нормального законов распределения результатов измерений.

При подготовке к эксперименту в блоке ввода исходной информации задаются следующие параметры, определяющие условия эксперимента: номинальное значение измеряемой величины $x_{\text{ном}}$, количество m участвующих лабораторий, число n значений величины. После нажатия кнопки «Генерация данных» появляется таблица, в которой представлены сгенерированные значения измеряемой величины и неопределенности. Неопределенность представлена в виде верхней и нижней границы. Примеры таких данных продемонстрированы в таблице. В первом столбце указан номер лаборатории, во втором и третьем столбцах – значения измеряемой величины x_i и стандартной неопределенности $u(x_i)$, распределенные по нормальному закону, а в четвертом и пятом столбцах – по равномерному закону.

Псевдослучайные исходные данные сличений

Лаборатория	Нормальное распределение		Равномерное распределение	
	x_i	$u(x_i)$	x_i	$u(x_i)$
1	22,0281	0,6896	23,8147	0,9074
2	23,9634	0,9786	21,8599	0,082
3	24,6677	1,0838	21,7087	0,0182
4	23,1179	0,8523	22,1246	0,1938
5	24,0072	0,9852	22,5034	0,3537
6	24,4008	1,0439	22,1541	0,2063
7	23,1493	0,857	22,3485	0,2883
8	23,0021	0,835	23,9091	0,9472
9	23,2771	0,8761	24,0952	1,0258
10	23,4576	0,9031	22,9542	0,544

Для наглядного отображения условий эксперимента, а также полученного решения для пользователя представлен соответствующий график. На графике (рис. 1) отображаются полученные лабораториями интервалы неопределенности в координатах «Измеряемая величина» (ось ординат) и «Номер лаборатории» (ось абсцисс).

Результирующие данные сличений и график могут быть сохранены в формате Microsoft Excel для дальнейшей обработки и проведения более глубокого анализа применяемых методов.

Таким образом, представлен специальный программный комплекс для моделирования и обработки результатов межлабораторных сличений, который позволил автоматизировать проведение экспериментальных исследований, провести сравнение различных методов оценки результатов межлабораторных сличений при помощи генерации псевдослучайных данных. Изменяя параметры результатов сличений, можно реализовывать различные планы экспериментов по анализу качества процедур обработки этих результатов.

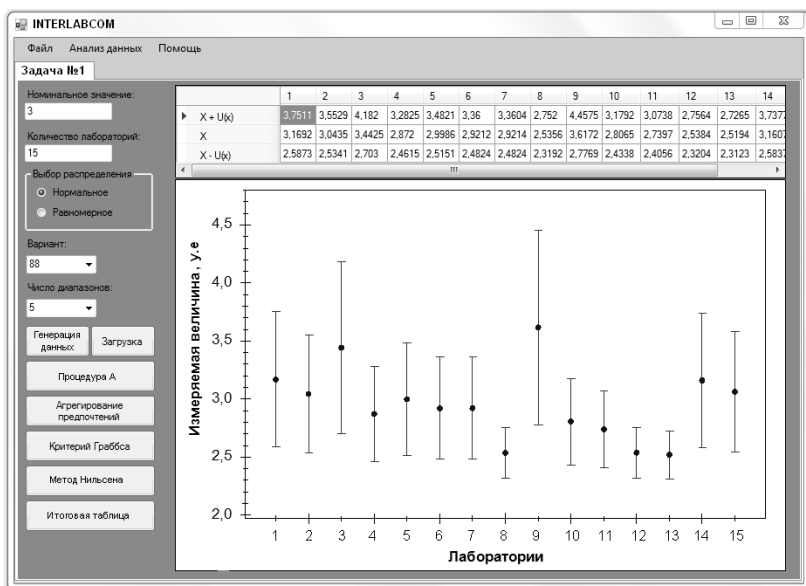


Рис. 1. Интерфейс программного комплекса для экспериментальных исследований методов оценки результатов МС

Работа выполнена в рамках базовой части государственного задания «Наука» Министерства образования и науки РФ (проект № 2078).

ЛИТЕРАТУРА

1. *ГОСТ Р ИСО 13528–2010* Статистические методы. Применение при экспериментальной проверке компетентности посредством межлабораторных сравнительных испытаний.
2. *Collett M.A., Cox M.G., Duta M., Esward T.J., Harris P.M., Henry M.P.* The application of self-validation to wireless sensor networks // *Measurement Science and Technology*. 2008. Vol. 19. P. 125201.
3. *Nielsen H.S.* Determining consensus value in interlaboratory comparisons preference aggregation approach // *NCSL International Workshop and Symposium*, 17–18 aug. 2003. Florida, USA, 2003. P. 1–16.
4. *Muravyov S.V., Marinushkina I.A.* Largest consistent subsets in interlaboratory comparisons: preference aggregation approach // *Joint International IMEKO TC1+TC7+TC13 Symposium*, 31 Aug. – 2 Sept. 2011. Jena, Germany, 2011. P. 287–290.
5. *ГОСТ ISO/IEC 17043–2013* Оценка соответствия. Основные требования к проведению проверки квалификации.

ДИНАМИКА РОБОТА-МАНИПУЛЯТОРА

М.Ф. Молокова, студентка

*Научный руководитель А.Н. Горитов, профессор каф. АСУ, д.т.н.
г. Томск, ТУСУР, masha_molokova@mail.ru*

В эпоху развития науки и техники появляется множество различных нововведений в самых различных областях. Особенно больших высот наука достигла в области робототехники. Роботы вошли в жизнь человека с небывалой скоростью. Они способны заменить человека, на многих участках производства и полезны в домашнем хозяйстве.

Для моделирования движения роботов-манипуляторов с помощью ЭВМ необходимо знать уравнения динамики движения. Динамическая модель может быть построена на основе использования известных законов ньютоновской или лагранжевой механики. Уравнения динамики бывают двух видов – прямые и обратные. Цель работы заключается в изучении прямой и обратной задачи динамики и их реализации.

Для начала решаем прямую задачу динамики методом Лагранжа, на вход подаём количество звеньев, для каждого звена задаём систему координат и определяем тип звена – вращательное или поступательное. Задаем массу звеньев и уравнение движения звена. По заданным параметрам определяем обобщённые координаты $q(t)$, $\dot{q}(t)$, $\ddot{q}(t)$ и их производные методом Рунге–Кутты, так как он позволяет получить более точные результаты. Затем находим симметричную матрицу D , центробежные и кориолисовы ускорения h и гравитационные силы c для каждого звена. Найденные значения можно подставить в формулу

$$\tau_i = \sum_{k=1}^n D_{i,k} \ddot{q}(t)_k + \sum_{k=1}^n \sum_{m=1}^n h_{i,k,m} \dot{q}(t)_k \dot{q}(t)_m - c_i, \quad (1)$$

где n – это количество звеньев, а i – одно из звеньев. По формуле (1) находим обобщённую силу τ для каждого звена.

Для решения обратной задачи задаются те же параметры манипулятора за исключением уравнения движения, вместо него задаётся обобщенная сила. Таким образом, результирующее уравнение примет следующий вид:

$$\sum_{k=1}^n D_{ik} \ddot{q}(t)_k = (\tau_i - \sum_{k=1}^n \sum_{m=1}^n h_{ikm} \dot{q}(t)_k \dot{q}(t)_m - c_i). \quad (2)$$

Решение системы уравнений (2) для нахождения второй производной по времени обобщённых координат $\ddot{q}(t)$ осуществляется методом декомпозиции. Для нахождения первой производной обобщённой

координаты $\dot{q}(t)$ и обобщённой координаты $q(t)$ воспользуемся формулами (3) и (4):

$$\dot{q}(t + \Delta t) = \dot{q}(t) + \ddot{q}(t) \cdot \Delta t, \quad (3)$$

$$q(t + \Delta t) = q(t) + \dot{q}(t) \cdot \Delta t. \quad (4)$$

В результате были разработаны алгоритмы автоматизированного формирования уравнения для произвольного робота-манипулятора, на основе чего разработана программа решения уравнения для нахождения динамических характеристик на платформе Visual Studio, в Windows Form на языке C#.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Шахинтур М.* Курс робототехники / Под ред. С.Л. Зенкевича; Пер. с англ. С.С. Дмитриева. М.: Мир, 1990. 527 с.
2. *Воробьев Е.И., Попов С.А., Шевелёва Г.И.* Механика промышленных роботов: учеб. пособие для вузов: В 3 кн. Кн. 1: Кинематика и динамика / Под ред. К.В. Фролова, Е.И. Воробьева. М.: Высш. шк., 1988. 304 с.
3. *Булгаков А.Г., Воробьев В.А.* Промышленные роботы. Кинематика, динамика, контроль и управление. Сер. «Библиотека инженера». М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2007. 488 с.
4. *Фу К., Гонсалис Р., Ли К.* Робототехника / Под ред. В.И. Градетского; Пер. с англ. А.А. Сорокина, А.В. Градетского, М.Ю. Рачкова. М.: Мир, 1989. 624 с.
5. *Корендясев А.И., Саламандра Б.Л., Тывес Л.И.* Теоретические основы робототехники: В 2 кн. / Под ред. С.М. Каплунова. М.: Наука, 2006. 383 с.
6. *Пиров У.Г.* Численные методы: учеб. пособие для студ. вузов / У.Г. Пиров. 3-е изд., испр. М.: Дрофа, 2004. 224 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ МОДЕЛИ ФЕРХЮЛЬСТА В УСЛОВИЯХ СЛУЧАЙНЫХ ПОМЕХ ПО ПАРАМЕТРУ

Е.В. Мыльникова, студентка каф. ЭМИС

*Научный руководитель С.И. Колесникова, профессор каф. ЭМИС, д.т.н.
г. Томск, ТУСУР, ievghienii.mylnikova@mail.ru*

Хорошо известно, что модель Ферхюльста описывает процессы в разнообразных прикладных областях: в физике, химии (описания автотокаталитических реакций), биологии (рост бактерий в чашки Петри), социологии (описание демографической динамики), экономике (модель роста выпуска продукции в условиях конкуренции) и т.д. Однако управление такой моделью – задача непростая в силу ее неустойчивости и хаотичности при определенных значениях параметров. В статье

рассмотрена возможность построения аналитической системы управления по состоянию в указанной модели.

Дифференциальное уравнение модели Ферхюльста имеет вид:

$$\dot{x}_k = x_k * \lambda - \lambda * \alpha * x_k^2 \quad (1)$$

где x_k – переменная состояния, $x_k \in (0; 1,5)$, λ, α – параметры объекта $\lambda, \alpha = \text{const}, \lambda, \alpha \in R$ (рис. 1).

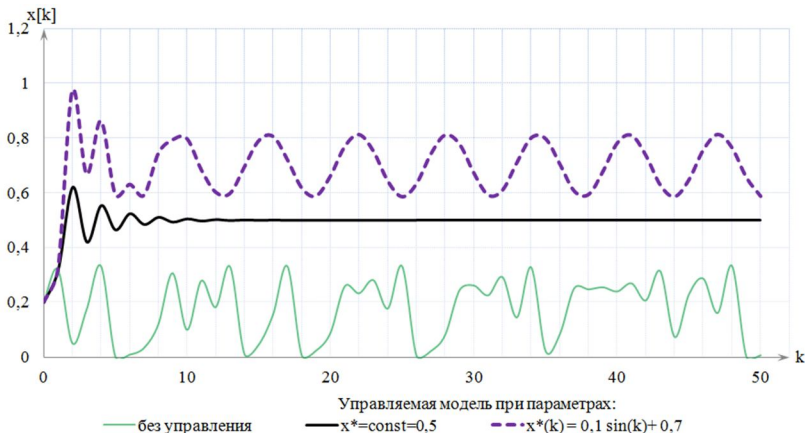


Рис. 1. Поведение модели Ферхюльста. Исходные данные:

$\alpha = 1$; $\lambda = 15$; $\Delta = 0,2$; $x_0 = 0,2$, $x^* = \text{const} = 0,5$, $x^* = 0,1 \sin(k) + 1$

Целью работы является синтез системы управления (СУ) поведения объекта, описывающей динамику управления модели согласно методу аналитического конструирования нелинейных агрегированных регуляторов (АКАР [1]).

В ходе выполнения данной работы были поставлены следующие задачи:

- 1) постановка задачи управления в модели Ферхюльста и синергетический синтез управления на базе метода АКАР;
- 2) исследование областей управляемости модели;
- 3) исследование свойств СУ в области значений λ, α , где объект испытывает хаотическое поведение;
- 4) исследование качества управления в зависимости от отношения шума к сигналу (ОШС).

Ставится задача нахождения оптимального закона управления в виде функции $u(\Psi) = u(x_1, \dots, x_n)$ в пространстве состояний объекта, доставляющего глобальный минимум функционалу качества:

$$\Phi(x(k), u(k)) = \int_0^\infty (\Psi_k^2 + \omega^2 \dot{\Psi}_k^2) dk. \quad (2)$$

Целью управления является вывод объекта на заданное многообразие вида: $\Psi(x(k), x^*(k))=0$, где $x^*(k)$ – заданная траектория (аттрактивное состояние).

Применим технику синтеза системы управления объектом – АКАР, согласно которой составляется уравнение Эйлера–Лагранжа:

$$\omega \dot{\Psi}_k + \Psi_k = 0 \quad (3)$$

Согласно вариационному принципу именно на решениях уравнения (3) функционала качества (2) достигается глобальный минимум. Решение уравнения (3) с учетом описания (1) приводит к системе управления вида (рис. 1)

$$\begin{cases} \Psi_k = x_k - x^*; \\ \dot{x}_k = x_k * \lambda - \lambda * \alpha * x_k^2; \\ x_{k+1} = x_k + \Delta * (\dot{x}_k + u_k); \\ u_k = -\omega^{-1} * \Psi_k - \dot{x}_k, \omega \in [0; 1); \\ x^* = x^*(k); \\ u_0 = 0, x_0 = \text{const} \end{cases} \quad (4)$$

где Ψ_k – целевое многообразие (цель управления), $|\omega| < 1$ – параметр управления.

Исследована система управления для нелинейного объекта в задаче стабилизации его состояния на базе метода аналитического конструирования агрегированных регуляторов [1]. Результаты работы могут быть актуальны в системах управления плохо формализуемыми динамическими объектами в различных предметных областях.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 13-08-01015 А).

ЛИТЕРАТУРА

1. Колесников А.А. Синергетическая теория управления. Таганрог: ТРТУ; М.: Энергоатомиздат, 1994. 344 с.

ВЛИЯНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ ГЭС НА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ

А.В. Навесов, студент

*Научный руководитель Л.В. Толстихина, доцент каф. ГГЭЭС, к.т.н.
г. Саяногорск, пгт. Черёмушки, Саяно-Шушенский филиал Сибирского
федерального университета, ksardas94@mail.ru*

Задача оптимизации заключается в нахождении мощностей ГЭС, для которых целевая функция $W = f(P)$ минимизируется, где W – расход, P – мощность. Все переменные должны удовлетворять уравне-

ниям установившегося режима. В данном случае – это баланс активной мощности:

$$\sum_{k=1}^m P_k - \sum_{k=1}^{m+1} P_{nk} = 0,$$

где P_k, P_{nk} – соответственно генерируемая и потребляемая мощность в узлах энергосистемы.

Накладывались ограничения по установленной мощности ГЭС.

$$P_{\min} \leq P_{\text{ГЭС}} \leq P_{\max}.$$

Условие оптимальности состоит в равенстве нулю частных производных функции Лагранжа по P_k и λ . Отсюда можно записать:

$$\frac{\partial W_k}{\partial P_k} = -\lambda = \text{const} \quad (k = 1, \dots, m),$$

где $\frac{\partial W_k}{\partial P_k} = \varepsilon_k$ – относительный прирост расхода воды.

Были рассмотрены три гидроэлектростанции Объединённой энергосистемы Северо-Запада: Путкинская ГЭС установленной мощностью 84 МВт, Нива ГЭС-2 установленной мощностью 60 МВт и Матконежская ГЭС установленной мощностью 63 МВт.

Расходные характеристики ГЭС представлены на рис. 1–3.

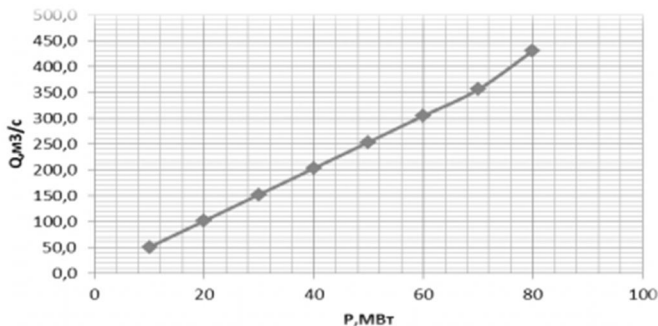


Рис. 1. Расходная характеристика Путкинской ГЭС

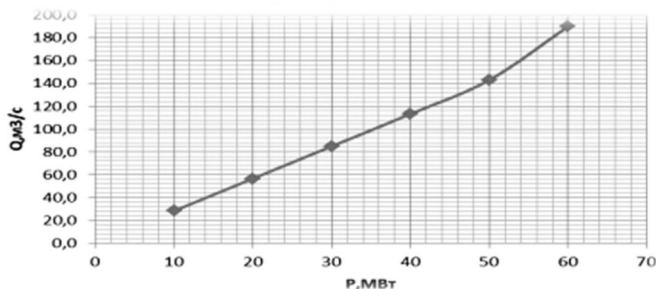


Рис. 2. Расходная характеристика Нивы ГЭС-2

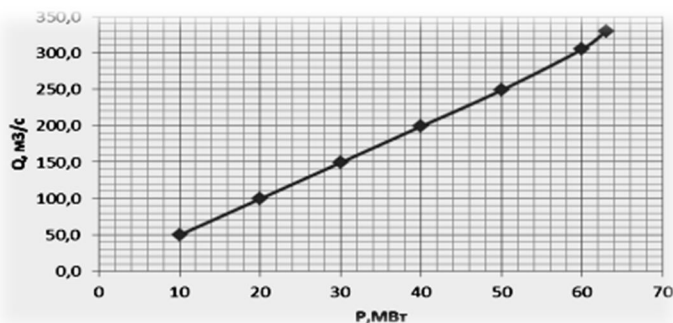


Рис. 3. Расходная характеристика Матконежской ГЭС

Характеристики относительных приростов расхода стоков для рассматриваемых ГЭС:

$$\varepsilon_1 = 0,0012 * P_1^2 - 0,0956 * P_1 + 6,5737;$$

$$\varepsilon_2 = 0,0024 * P_2^2 - 0,1408 * P_2 + 4,5508;$$

$$\varepsilon_3 = 0,0018 * P_3^2 - 0,1068 * P_3 + 6,3563.$$

Нагрузка $P_n = 120$ МВт. Условия оптимального режима:

$$P_1 + P_2 + P_3 - P_n = 0; \quad \varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \varepsilon_3 = -\lambda = \text{const.}$$

Примем в качестве балансирующего узла Путкинскую ГЭС. Тогда:

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_2; \quad \varepsilon_3 = \varepsilon_1; \quad P_1 = P_n - P_2 - P_3.$$

Запишем нелинейную систему уравнений, которая решается методом Ньютона:

$$\begin{cases} 0,0024 * P_2^2 - 0,1408 * P_2 + 4,5508 - 0,0012 * (120 - P_2 - P_3)^2 + \\ + 0,0956 * (120 - P_2 - P_3) - 6,5737; \\ 0,0018 * P_3^2 - 0,1068 * P_3 + 6,3563 - 0,0012 * (120 - P_2 - P_3)^2 + \\ + 0,0956 * (120 - P_2 - P_3) - 6,5737. \end{cases}$$

Результаты расчёта приведены в таблице.

Результаты расчёта

Номер итерации	P_1 , МВт	P_2 , МВт	P_3 , МВт
1	33,23	50,4829	36,2832
2	6,7	60,0000	53,2942
3	29,69	56,0351	34,2744
4	35,19	59,6426	25,1680
5	30,85	60,0000	29,1504
6	30,78	60,0000	29,2239
7	30,78	60,0000	29,2225

Соблюдается равенство относительных приростов расхода стока:

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \varepsilon_3 = 4,77.$$

Был рассчитан установившийся режим до и после оптимизации. Потери до оптимизации составили 188,6 кВт, что эквивалентно 3,866 млн. рублей в год. Потери после оптимизации составили 168,2 кВт, что эквивалентно 3,448 млн. рублей в год. Общая экономия денежных средств за год составила 418 тыс. рублей.

Расчёты показывают эффективность метода. Оптимальный режим работы ГЭС повышает технико-экономические показатели электрической сети.

ЛИТЕРАТУРА

1. Веников В.А., Астахов Ю.Н., Ежков В.В. и др. Электроэнергетические системы в примерах и иллюстрациях. М.: Энергоатомиздат, 1983.
2. Филиппова Т.А. Оптимизация энергетических режимов гидроагрегатов гидроэлектростанций. М.: Энергия, 1975.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕНЕРАЦИИ ПЛАЗМЫ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ В ПОЛОМ КАТОДЕ ПРИ АЗОТИРОВАНИИ ДЕТАЛЕЙ

Нгуен Бао Хунг, аспирант каф. ПМ

*Научный руководитель Т.В. Коваль, профессор каф. ПМ, д.ф.-т.н.
г. Томск, ТПУ, baohung.ng@gmail.com*

Поверхностная радиационно-термическая обработка деталей улучшает свойства их поверхностных слоев, увеличивает срок службы и снижает стоимость деталей машин. Применение вакуумно-плазменной технологии для модификации поверхности крупногабаритных изделий основано на получении низкотемпературной плазмы тлеющего разряда [2]. Одним из важных вопросов является возможность регулировки тока разряда и напряжения его горения независимо от рода используемого газа и его давления, от площади обрабатываемой поверхности.

В данной работе теоретически с применением численного моделирования исследуются несамостоятельный режим генерации плазмы низкого давления в полом катоде большой площади, влияние параметров плазмы, материала и геометрии деталей на скорость нагрева и температуру деталей. Результаты теоретического исследования сравниваются с экспериментом.

Газовый разряд в полом катоде. В экспериментах [1] плазма формируется внутри полого цилиндрического катода. Анод располагается на боковой стенке катода, изменение площади которого S_a осуществлялось его перемещением вглубь камеры – полого катода.

Уравнение баланса быстрых электронов для разряда в полом катоде в общем случае записывается в виде

$$\frac{\gamma I_i}{e} + \frac{I_{ext}}{e} = \left(\frac{I_{ext}}{e} - \frac{\delta I_i}{e} \right) + \frac{n_f V v_i}{u} + \frac{S_d}{4} n_f \langle v \rangle. \quad (1)$$

Из уравнения (1) можно получить условие основного разряда в несамостоятельном режиме горения

$$u = \frac{P}{P(\gamma + \delta) - 1}, \quad (2)$$

связывающее безразмерные напряжение горения $u = eU_c/W$ и давление газа $P = (p/kT_e)\sigma_i L$, δ – доля потока внешних быстрых электронов, участвующих в процессе ионизации, по отношению к потоку ионов I_i на катод.

Для определения пространственного распределения электронной температуры и концентрации плазмы, влияния геометрии, размеров и материала деталей, помещаемых в полость катода, использовалось численное исследование с применением гидродинамической модели, которая описывает электронные плотности заряженных частиц и их средние энергии как функцию времени и пространства [2].

Исследование стабилизации напряжения горения 370 В при увеличении объема деталей от 2500 до $2 \times 10^4 \text{ см}^3$ (S_d / S_c от 0,071 до 0,57) показало, что ток дополнительной эмиссии изменяется от 9 до 14 А (рис. 1). При этом потенциал плазмы слабо изменяется. Детали цилиндрической формы имеют размеры $\varnothing 100$ и 400 мм, анода 30 А, давление азота 0,65 Па. На рис. 2 показаны расчетные линии уровня концентрации плазмы в несамостоятельном режиме при $I_{ext} = 30$ А и $U = 370$ В в двух сечениях полого катода с деталями. Градиент давления за счет напуска газа через источник электронов увеличивает градиент концентрации плазмы в области эмиссионного окна.

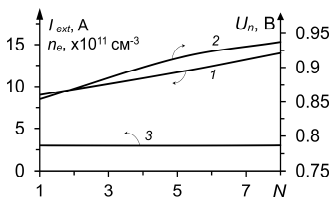


Рис. 1. Зависимость тока внешней инжекции (I), концентрации плазмы (3) и потенциала плазмы (2) от количества деталей

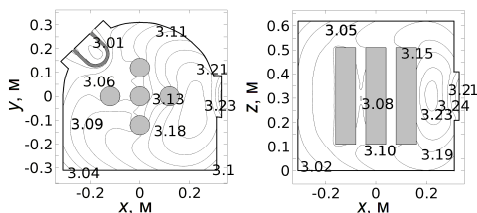


Рис. 2. Распределение концентрации плазмы (10^{11} см^{-3}) в поперечном и продольном сечениях полого катода с деталями

Свойства материала катода, конфигурация и размер детали могут оказывать влияние характеристики разряда и на степень обработки детали. Расчеты показали, что без экрана температура образцов не превышает 330 °С при $p = 1$ Па, что является меньше оптимальной 530 °С для азотирования.

Активный экран, окружая всю загрузку деталей, играет роль создателя активных частиц и излучением обеспечивает дополнительный нагрев деталей. В таблице приведено время нагревания деталей разной геометрии до температуры 400 °С при наличии активного экрана, расположенного на расстоянии 2 см от катода. Время нагревания деталей зависит от материала и их размеров. Это обуславливает разную длительность процесса азотирования и, соответственно, глубину проникновения азота. При этом энергозатраты на нагревание деталей при полном их заполнении объема катода могут быть одинаковые и даже ниже, чем энергозатраты на нагревание одной детали. Это связано с уменьшением напряжения разряда, а также с переизлучением деталей, ухудшающим условие теплоотвода от них.

Время нагревания деталей

Размер детали, мм ²	Время нагревания Fe, мин	Время нагревания Ti, мин
Ø100×400	123	86
Ø100×200	113	75
Ø 50×400	66	43
Ø130×400	155	108
Ø130×200	140	93

Закключение. Проведено теоретическое исследование генерации плазмы в несамостоятельном режиме при низком давлении газа в полном катоде большого размера.

На основе теоретической модели, в которой процесс рождения заряженных частиц в плазме в полном катоде обусловлен быстрыми электронами, получены зависимости напряжения горения разряда от давления газа, геометрических размеров полого катода и обрабатываемых деталей. Показано, что независимо от площади поверхности и материала обрабатываемых деталей возможна независимая регулировка плотности ионного тока и напряжения его горения за счет тока дополнительной инжекции.

С применением гидродинамической модели показано, что при напряжениях горения 300–400 В и давлении газа 0,65 Па достигается концентрация плазмы соответственно $3 \times 10^{11} \text{ см}^{-3}$ (азот) и $6 \times 10^{11} \text{ см}^{-3}$ (аргон) при температуре плазмы порядка 1 эВ.

Активный экран обеспечивает равномерный нагрев деталей разных форм и размеров до температуры, необходимой для азотирования. Время нагрева деталей зависит от их материала и размеров и уменьшается с увеличением количества деталей за счет их взаимного теплового излучения.

Теоретическая и численная модели согласуются с результатами эксперимента [1, 2].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Lopatin I.V., Schanin P.M., Akhmadeev Y.H., Kovalsky S.S., Koval N.N.* Self-sustained low pressure glow discharge with a hollow cathode at currents of tens of amperes // *Plasma Physics Reports*. 2012. Vol. 38, Issue 7. P. 583–589.
2. *Коваль Т.В., Лопатин И.В., Огородников С.А., Нгуен Бао Хынг.* Исследование генерации низкотемпературной плазмы в тлеющем разряде с полым катодом большой площади // *Изв. вузов. Физика*. 2014. Т. 57, № 3/2. С. 122–125.

МОДУЛЬ ТРЕХМЕРНОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕНЗОРА ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДИСТОРСИИ ПО ПОВЕРХНОСТИ ОБРАЗЦА

Д.А. Ортеней, Д.П. Аргунов, Н.А. Трембовецкий, студенты

Научный руководитель Н.В. Зариковская, доцент каф. ФЭ, к.ф.-м.н.

г. Томск, ТУСУР, dotovoy1905@gmail.com

Проект ГПО-1401 «Измерение расстояния или длины по изображению»

В последние годы практически все новые подходы и развиваемые в области физики прочности механики пластичности оригинальные идеи в той или иной мере связаны с анализом причин и особенностей локализации пластического течения, наблюдаемого в процессе деформирования твердых тел [1]. Этот вопрос играет огромную роль в проектировании и расчёте некоторых характеристик, таких как прочность, деформируемость, устойчивость, пластичность машин, сооружений, различных конструкций, структур и их элементов, т.к. зачастую создание жизнеспособной конструкции просто невозможно без учёта стадий пластической деформации.

Таким образом, получение информации о состоянии материала и параметров процессов, происходящих в нем, является наиболее актуальным вопросом современного материаловедения. Одной из наиболее актуальных и важных проблем является определение периода макролокализации пластической деформации по 3D-изображению деформируемой поверхности, что и определило актуальность и необходимость данной работы.

Результаты работы. Обработанные экспериментальные данные о распределении компоненты тензора пластической дилатации ε_{xx} по образцу находятся во входном файле, который имеет вид, представленный на рис. 1.

0.000000	0.000000	0.000946
1.250000	0.000000	0.000784
2.500000	0.000000	0.001359
3.750000	0.000000	0.001611
5.000000	0.000000	0.001212
6.250000	0.000000	0.001128
7.500000	0.000000	0.001443
8.750000	0.000000	0.001350
10.000000	0.000000	0.000268
11.250000	0.000000	0.001051

Рис. 1. Пример входного файла

Из входного файла считываются три столбца с данными: первый столбец содержит координату по оси ОХ, второй содержит координату по оси ОУ, третий содержит данные о значении деформации в данных координатах.

С целью получения недостающих точек, для построения поверхности, проводится интерполяция входных данных методом последовательной кубической интерполяции по двум направлениям [2]. На первом шаге интерполяция производится вдоль оси ОХ.

На основе исходных данных определяется полином третьей степени, коэффициенты которого рассчитываются методом прогонки для трехдиагональных матриц (1):

$$A = \begin{pmatrix} C_1 & B_1 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ A_2 & C_2 & B_2 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & A_3 & C_3 & B_3 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & A_{n-1} & C_{n-1} & B_{n-1} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & A_n & C_n \end{pmatrix}. \quad (1)$$

Прямой ход метода прогонки позволяет определить «прогоночные» коэффициенты α и β по формуле (2):

$$\begin{cases} \alpha_{i+1} = \frac{-B_i}{A_i \alpha_i + C_i}, \\ \beta_{i+1} = \frac{F_i - A_i \beta_i}{A_i \alpha_i + C_i}. \end{cases} \quad (2)$$

С помощью обратного хода метода прогонки находится решение сплайн-функции (3), после чего в массив исходных точек добавляется необходимое количество интерполированных точек:

$$x_i = \alpha_{i+1} x_{i+1} + \beta_{i+1}, \quad (3)$$

где $i = n-1, n-2, \dots, 1$.

Второй шаг осуществляется вдоль оси ОУ. Над данными производятся аналогичные операции.

По обработанным данным осуществляется построение поверхности с использованием цветовой градации по высоте. Во избежание неправильной окраски поверхности за счет единичных выбросов точек на большие расстояния от нулевой плоскости, распределение цветов по поверхности осуществляется следующим образом: для всех точек поверхности вычисляется квадрат среднего значения, среднее значение квадрата и среднеквадратичное отклонение.

В красный цвет окрашиваются точки, значение которых превышает среднее значение на величину среднеквадратичного отклонения, в синий – значение которых меньше среднего на величину среднеквадратичного отклонения, а зеленым цветом окрашивается основная часть точек поверхности.

На рис. 2 изображен пример построенной поверхности в модуле трехмерного представления распределения тензора пластической дилатации по поверхности образца.

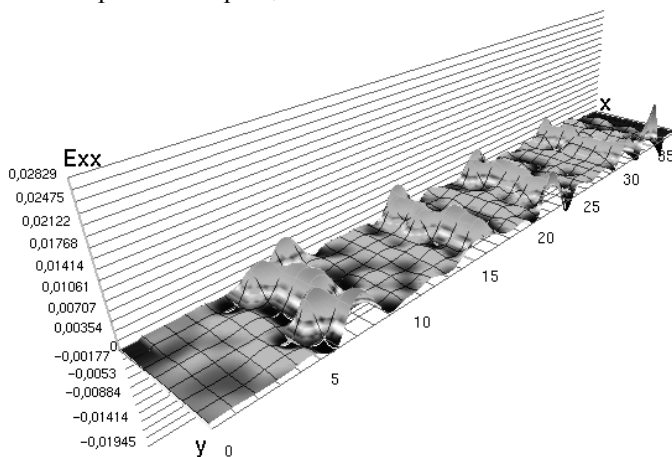


Рис. 2. Пример построенной поверхности

Анализ полученных результатов. Реализация трехмерного представления деформируемой поверхности позволяет получить более наглядное представление полученных после обработки экспериментальных данных.

В дальнейшем планируется по полученным в результате построения трехмерным поверхностям определение периода макролокализации пластической деформации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зуев Л.Б. Физика макролокализации пластического течения / Л.Б. Зуев, В.И. Данилов, С.А. Баранникова. Новосибирск: Наука, 2008. 327 с.

2. *Кормен Т.* Алгоритмы: построение и анализ. 3-е изд. / Т. Кормен, Ч. Лайзерсон, Р. Ривест, К. Штайн. М.: ООО «И.Д. Вильямс»; СПб.: Наука, 2013. 1328 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЙ (АНИМАЦИИ) СЛОЖНОГО БИОЛОГИЧЕСКОГО ВИДА С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА СКЕЛЕТНОЙ АНИМАЦИИ.

Л.Е. Песков, студент каф. АСУ

Научный руководитель М.Ю. Катаев, профессор каф. АСУ. д.т.н.

г. Томск, ТУСУР, circularsaw32@gmail.com.

Скелетная анимация – одно из ключевых направлений в компьютерной графике и в построении физических, реалистических моделей поведения различных объектов (ткань, человек и др.). Это направление используется от интерактивных приложений (кино, игры) до моделирования и визуализации в медицине, интерактивных учебных пособиях и др. По сути, скелетная анимация – это способ анимирования трёхмерных моделей.

Важным направлением является анимирование движений человека. Подход заключается в том, что мультипликатор или аниматор создаёт скелет, представляющий собой, как правило, древовидную структуру костей, в которой каждая последующая кость «привязана» к предыдущей, т.е. повторяет за ней движения и повороты с учётом иерархии в скелете. Далее каждая вершина модели «привязывается» к какой-либо кости скелета. Таким образом, при движении отдельной кости двигаются и все вершины, привязанные к ней. Благодаря этому задача аниматора сильно упрощается, потому что отпадает необходимость анимировать отдельно каждую вершину модели, а достаточно лишь задавать положение и поворот костей скелета.

Также благодаря такому методу сокращается и объём информации, необходимой для анимирования. Достаточно хранить информацию о движении костей, а движения вершин рассчитываются уже исходя из них.

Допустим, существует задача создать реалистичную модель движения человека. Без использования подхода скелетной анимации получится простая визуальная модель, в лучшем случае мы можем придумать какую-либо позу для нашей модели человека.

Раньше в интерактивных приложениях использовали набор таких поз и если их быстро переключать (подобно нарисованному человеку в толстой тетради, где на каждой странице различные позы в определённый момент времени), то будет ощущение динамического изменения

модели человека. Но с ростом мощностей и увеличения числа полигонов у модели – такой подход стал неэффективным.

В настоящее время используется другой подход, необходимо рассматривать модель человека как объект, имеющий скелет и «все остальное», что с ним связано. Теперь, если анимировать только сам скелет – «все остальное» будет реалистично двигаться вместе с костями, имитируя эластичность кожи (рис. 1).

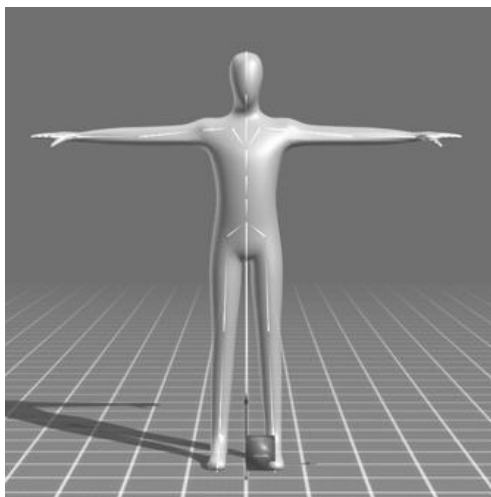


Рис. 1. Разбиение модели человека на «кожу» и кости

И прежде чем анимировать «виртуального» человека, нам необходимо привязать «кожу» к «костям». Введем понятие кости. Кость – это особая матрица трансформации. Кость имеет позицию и вращение в трехмерном пространстве. И эти характеристики в простейшем случае задаются аффинной матрицей: SRT Matrix (ScaleRotationTranslate matrix). Единственное различие – это то, что кости в реальном времени не могут увеличиться, странно было бы наблюдать за «реальной» физической моделью, где голова персонажа то увеличивалась в размерах, то уменьшалась. Однако размер можно использовать в позинге, например, очень просто управлять «толстотой», размером фигуры человека. В этом случае чем меньше размер кости – тем часть худее. Позинг – это базовый скелет нашей модели. Скелет состоит из набора костей. Самый простой позинг называется T-Pose. Одной из проблем позинга является совмещение «костей» между собой через вертекс.

Такой элемент, как BoneWeight, отображает, насколько определённая кость из скелета влияет на этот вертекс. На практике для реалистичного отображения модели со скелетом достаточно четыре веса на вертекс (рис. 2). К примеру, локоть, кость локтя соединена с двумя суставами, у каждого сустава своя пространственная (SRT) трансформация и все объекты между узлами вычисляются с помощью линейной интерполяции.

В результате работы была разработана программа, позволяющая имитировать реалистичные движения человека.

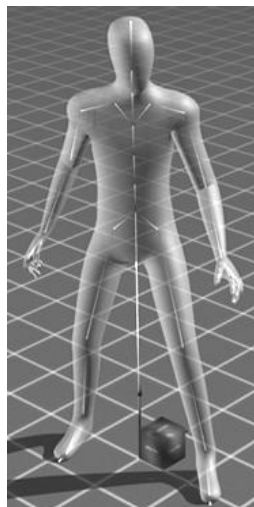


Рис. 2. Соединение «кожи» с костями

ЛИТЕРАТУРА

1. *Gentle James E.* Матрица трансформации. Официальный сайт [Электронный ресурс]. Matrix Transformations and Factorizations/ 2014. Режим доступа: http://books.google.ru/books?id=PDjIV0iWa2cC&pg=PA172&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false (дата обращения: 11.07.2014).
2. *Soriano Marc.* Скелетная анимация. Официальный сайт [Электронный ресурс]. Skeletal Animation. 2014. Режим доступа: http://alumni.cs.ucr.edu/~sorianom/cs134_09win/lab5.htm (дата обращения: 17.07.2014).
3. *Песков Л.Е.* Шейдеры. Официальный сайт [Электронный ресурс]. 2012. Режим доступа: <http://habrahabr.ru/users/forhaxed/topics/> (дата обращения: 19.07.2014).

ОПТИМАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ МЕЖДУ ТЭС И ГЭС

М.А. Пичугова, студентка

*Научный руководитель Л.В. Толстихина, к.т.н., доцент каф. ГТЭСиЭС
г. Саяногорск, Саяно-Шушенский филиал СФУ, bahove@mail.ru*

Одной из проблем энергетики является оптимальное распределение нагрузки между станциями. При соблюдении этого условия осуществляется экономия энергетических ресурсов.

Для первоначальных данных берется годовой период притока, сбросов воды и фильтрации, расход твердого топлива [1].

Рассмотрим задачу на примере Абаканской ТЭЦ и Майнской ГЭС.

На рис. 1 представлена эквивалентная расходная характеристика Абаканской ТЭЦ, на рис. 2 – Майнской ГЭС.

Таблица 1

Расход топлива Абаканской ТЭЦ

B , т.у.т./ч	15	21	41	54	70	89	113
N , МВт	50	100	200	250	300	350	406

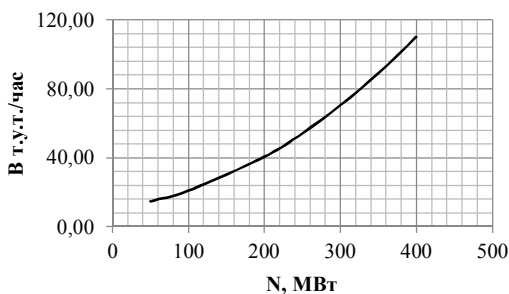


Рис. 1. Характеристика расхода топлива

Таблица 2

Данные расходной характеристики для напора $H = 16,9$ м Майнской ГЭС

Q , м ³ /с	298	348	392	438	491	596	706
N , МВт	43	51	58	65	73	88	103

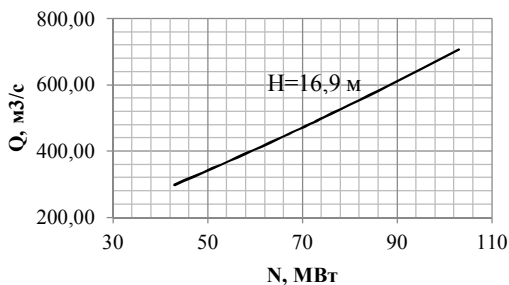


Рис. 2. Расходная характеристика для Майнского гидроузла

Выражения расхода топлива и воды для данных станций имеют вид

$$B = 0,0005 \cdot N^2 - 0,157 \cdot N + 11,14 ; \quad (1)$$

$$Q = 0,0123 \cdot N^2 + 5 \cdot N + 60,31. \quad (2)$$

Балансовое уравнение мощности:

$$W_P = P_C - (P_{TЭЦ} + P_{ГЭС}). \quad (3)$$

В общем виде выражение оптимизации имеет вид [2]:

$$b = \lambda q, \quad (4)$$

где $b = \frac{\partial B_{TЭЦ}}{\partial P_{TЭЦ}}$ – прирост расхода топлива ТЭЦ; $q = \frac{\partial Q}{\partial P}$ – прирост расхода воды на ГЭС.

Выражения для прироста расхода топлива и воды запишутся:

$$b = 0,01 \cdot N + 0,157; \quad (5)$$

$$q = 0,0246 \cdot N + 5. \quad (6)$$

Уравнение оптимизации:

$$\Phi = \sum_{t=1}^{t=b} B_t + \sum_{j=\alpha}^{j=\gamma} \lambda_j W_j; \quad (7)$$

$$\Phi = 0,01 \cdot N_{TЭЦ} + 0,157 + 0,0246 \cdot N_{ГЭС} + 5. \quad (8)$$

Условие оптимизации запишется:

$$-\lambda_1 = \lambda q. \quad (9)$$

Наивыгоднейшее распределение мощности определяется:

$$\lambda = (0,01 \cdot N_{TЭЦ} + 0,157) \cdot (0,0246 \cdot N_{ГЭС} + 5)^{-1}. \quad (10)$$

На основании полученных уравнений строим характеристики относительных приростов расхода (рис. 3).

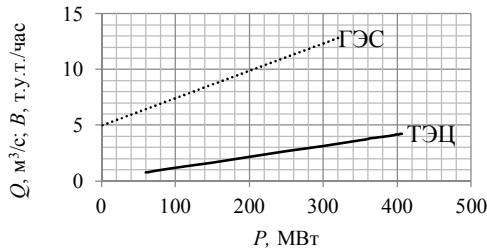


Рис. 3. Графики относительных приростов расхода носителей станций

График распределения нагрузки между станциями показан на рис. 4.

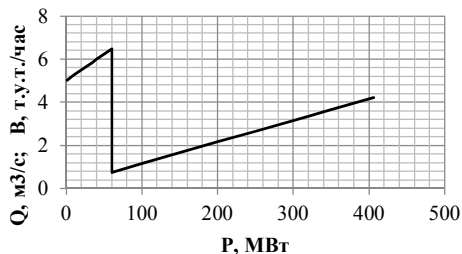


Рис. 4. График оптимального распределения нагрузки

Выводы:

- 1) Решена задача оптимального распределения активных мощностей между тепловой и гидравлической станциями.
- 2) Получена математическая модель оптимизации, позволяющая эффективно использовать энергоресурсы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Веников В.А. Оптимизация режимов электростанций и энергосистем. М.: Энергоиздат, 1981. 464 с.
2. Астахов Ю.Н., Веников В.А., Ежков В.В. Электроэнергетические системы в примерах и иллюстрациях. М.: Энергоатомиздат, 1983. 504 с.

ПРОБЛЕМЫ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ДВУМЕРНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПОСТРОЕНИЙ В УГОЛЬНОЙ ГЕОЛОГИИ

М.Д. Пудалов, А.А. Голубева, Н.М. Яркова

г. Томск, ТУСУР, pmd@thegeos.ru

На сегодняшний день на территории Российской Федерации в соответствии с российскими методами подсчета запасов геологические построения производятся в двумерных плоскостях посредством вертикальных и горизонтальных разрезов. В свою очередь подсчет запасов за рубежом осуществляется на основе трехмерных моделей. Выход российских компаний на зарубежные рынки и работа в рамках международной классификации запасов входит в сферу интересов как государства, так и владельцев лицензии на добычу угля. Таким образом, подсчет запасов одновременно в рамках российской и зарубежной методологии имеет серьезную научно-практическую значимость.

Для подсчета запасов в соответствии с российскими и международными стандартами необходимо осуществлять оперативную интер-

претацию двумерных геологических построений в трехмерные. Такая интерпретация затруднена в связи со следующими проблемами:

1. При подсчете запасов по российской методологии геолог оперирует не реальными точками подсеечения пласта, а их проекцией на плоскость. В целях осуществления геологических построений осуществляется проекция скважин на плоскость разреза, в соответствии с азимутом простираения пород и углом падения пласта. Построение тела и нарушений пласта происходит относительно проекции точек подсеечения пласта. В связи с высокой сложностью оперативной интерпретации проекционных построений в исходные, несмотря на адекватность двумерных построений, конечная объемная картина может противоречить геологическим законам.

2. Ручные геометрические построения сопровождаются ошибками в расчетах. В настоящий момент большинство построений осуществляется с помощью программы AutoCAD, которая не включает в себя специализированные средства автоматизации подсчета запасов и все расчеты осуществляются геологом, без использования автоматизации. Это ведет к регулярному возникновению ошибок в математических расчетах и геометрических построениях. В связи с этим точность геометрических построений значительно падает.

3. Отсутствие возможности эффективного применения зарубежных программных продуктов для российских месторождений. По международным стандартам считается экономически невыгодно добывать сложноизвлекаемые запасы. Но по законам Российской Федерации такие запасы обязательны к учету и добыче. Поскольку программное обеспечение, изготавливаемое за рубежом, ориентировано на международные стандарты, оно не предназначено для проведения подсчетов на российских месторождениях 2-й и 3-й группы сложности. Это делает его крайне сложным для эксплуатации на российских предприятиях.

При подсчете запасов по российской методологии конечный объем геологического блока считается по средней мощности подсечений пласта. При его использовании допускается погрешность построений, в рамках которой находятся ошибки, возникшие из-за перечисленных выше проблем. Однако для автоматизированной интерпретации двумерных построений такие ошибки являются критическими.

В связи с вышеперечисленными проблемами при возникновении необходимости создания трехмерной модели месторождения используются следующие принципы:

1. Специалисты опираются на данные бурения, а не на построенный пласт, отраженный на разрезах или погоризонтных планах.

2. Разрезы и погоризонтные планы принимаются к сведению, как материал, который не может быть интерпретирован автоматически.

В случае, когда трехмерное построение требуется произвести один раз в демонстрационных целях, такие принципы работы могут привести к желаемому результату, несмотря на значительные трудозатраты. Однако вести постоянный контроль запасов в таких условиях на действующем предприятии в рамках требований Российской Федерации и зарубежных требований является невозможным.

Для решения перечисленных выше проблем предлагается использовать: разработанную модель процесса интерпретации двумерных геологических построений в трехмерном пространстве, позволяющую автоматически получать трехмерную модель пласта; программный комплекс, реализующий метод и алгоритмы трехмерной интерпретации, позволяющие автоматически генерировать трехмерную модель на основе геологических разрезов и погоризонтных планов.

Данный комплекс мер по автоматизации процесса геологических построений позволит:

1. Повысить точность геометрических построений геологических разрезов за счет автоматизации процесса проецирования скважин на плоскость разреза.

2. Повысить точность построений погоризонтных планов за счет осуществления выноса точек пересечения пласта горизонтом на погоризонтные планы.

3. Осуществить импорт с растровых изображений как данных разведки, так и геологических построений.

4. Осуществить оперативную автоматизированную интерпретацию и визуализацию трехмерного тела пласта на основе данных геологических разрезов и погоризонтных планов.

5. Осуществить внесение корректив в геологические разрезы и погоризонтные планы с возможностью автоматизированного изменения трехмерной модели.

Использование предложенной модели, методов и алгоритмов трехмерной интерпретации позволит угольно-добывающим предприятиям одновременно находиться в правовом поле Российской Федерации и соответствовать международным стандартам подсчета запасов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузьмин В.И., Красноперов М.Я. Методы построения геологических разрезов. М.: Недра, 1975. 64 с.
2. Рогова Т.Б., Шаклеин С.В., Ярков В.О. Подсчет запасов угольных месторождений. Кемерово: КузГТУ, 2010. 136 с.

3. *Рогальский В.В.* Причины недоверия западных инвесторов к заявленным российскими компаниями параметрам запасов // Недропользование XXI. 2013. №3. С. 36–38.

4. *Коган Б.С.* К проблеме развития информационных технологий и прикладной геологии Российской Федерации (ТПИ) // Недропользование XXI. 2010. №4. С. 40–45.

**МОДЕЛЬ ЭВОЛЮЦИИ НДС ПРИ НЕУПРУГОМ
ДЕФОРМИРОВАНИИ И РАЗРУШЕНИИ ТВЕРДЫХ ТЕЛ**
И.В. Щербakov, магистрант каф. прочности и проектирования
Научный руководитель Р.А. Бакеев, м.н.с., к.ф.-м.н.
г. Томск, ТГУ, scherbakov_ilja@mail.ru

Основная цель работы состояла в разработке методов экспериментального и численного изучения эволюции НДС нагружаемых образцов горных пород и горных массивов с выработками, в том числе вблизи критических состояний при переходе квазистационарной сравнительно медленной стадии накопления повреждений и мелких трещин в сверхбыстрый катастрофический режим макроскопического разрушения.

Была использована модель накопления повреждений (1):

$$\frac{dN}{dt} = a(\lambda, \sigma, \dots), \quad (1)$$

в которой скорость роста повреждений является функцией напряженно-деформированного состояния $a(\lambda, \sigma, \dots)$, где N – число повреждений; $a(\lambda, \alpha, \dots) = \frac{(\sigma - \sigma_0)^2}{(\sigma_*)^2 t^*}$ – функция состояния, σ_0 – пороговое значение, с которого начинают копиться повреждения; $\sigma_* = \sigma_{*0}(1 + \lambda)$, σ_{*0} – параметр модели, определяющий скорость накопления повреждений; λ – параметр Лоде–Надаи, t^* – постоянная масштаба времени.

Модель накопления повреждений была снормирована на меру поврежденности среды D , которая меняется в пределах от нуля до единицы (2).

$$D = \int_0^t \frac{(\sigma - \sigma_0)^2 dt}{(\sigma_{*0})^2 (1 + \lambda)^2 t^{*2}}, \quad (2)$$

где $D = N/N^*$, N^* – максимальное число повреждений.

Кинетическое уравнение накопления повреждений N было модифицировано степенной зависимостью скорости роста повреждений от уже имеющихся в среде повреждений (3):

$$D = \int_0^t \frac{(\sigma - \sigma_0)^2 D^\alpha dt}{(\sigma_{*0})^2 (1 + \lambda)^2 T^{*\alpha}}, \quad (3)$$

где $T^* = t^*(N^*)^{1-\alpha}$.

Модель описывает разрушение как катастрофический процесс, в котором стадия медленного накопления повреждений сменяется сверхбыстрым катастрофическим режимом, причем длительность квазистационарной фазы и переход к катастрофе являются внутренними свойствами среды как нелинейной динамической системы (рис. 1). Они полностью описываются уравнениями МДГТ и определены реологией среды, нелинейностью процесса накопления повреждений и скоростью деградации прочностных параметров среды в каждой точке.

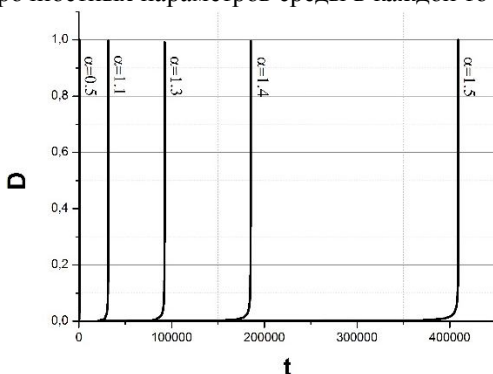


Рис. 1. Влияние степени α на время разрушения

Подобрав параметры сжатия времени и прочности, при одинаковом времени разрушения, модели с $\alpha=0$ и $\alpha \neq 0$ показывают различия в качестве модели, т.е. при $\alpha=0$ мы получаем достаточно широкую стадию быстрого накопления повреждений, переходящую в катастрофический рост, а для $\alpha \neq 0$ эта стадия быстрого роста очень узкая, т.е. стадия медленного накопления повреждений практически мгновенно сменяется стадией катастрофического роста повреждений (рис. 2).

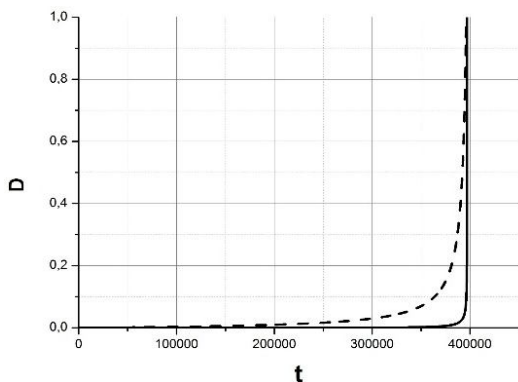


Рис. 2. Кинематика накопления повреждений для разных α при одинаковом времени разрушения

Предложенная модель накопления повреждений со степенной зависимостью скорости роста повреждений от уже имеющихся в среде повреждений позволяет учесть характерные особенности разрушения хрупких и квазихрупких сред:

1) сверхбыстрому катастрофическому режиму разрушения предшествует линейная стадия медленного накопления повреждений;

2) соотношение времен стадии медленного накопления повреждений и разрушения существенно превышает таковое для модели с $\alpha = 0$;

3) скорость накопления повреждений по мере приближения к разрушению растет быстрее чем для модели с $\alpha = 0$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Макаров П.В., Еремин М.О., Костандов Ю.А. Определение времени предразрушения для образцов из габбро в модели накопления повреждений // Физ. мезомех. 2013. Т. 16, № 5. С. 35–40.

ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ УДАЛЕНИЯ МОНОТОННОГО ШУМА ИЗ ЗВУКОРЯДА ДЫХАНИЯ И СЕРДЦЕБИЕНИЯ

А.К. Старков, студент

*Научный руководитель А.А. Матолыгин, ст. преподаватель каф. ЭМИС
г. Томск, ТУСУР, yastark@mail.ru*

Для медицинских приборов, считывающих при помощи анализа данных с микрофонов такие параметры, как сердцебиение и дыхание, важно наличие качественного шумоподавления. В таких устройствах шум разделяется на две категории – монотонный шум, равномерно распределенный по времени, и случайный шум, возникающий без определенных закономерностей. Для выявления и удаления монотонного шума, как правило, используются звуковые фильтры с определенными характеристиками, подавляющие некоторую долю шума, но не убирающие его полностью. Подобная фильтрация может привести к потере полезных данных либо к некачественному шумоподавлению.

Для более качественного шумоподавления возможно использовать некоторые особенности звука, поступающего для обработки. Так, известно, что сердцебиение и дыхание это процессы, прерывающиеся на некоторые промежутки времени, то есть полезные данные приходят с некоторыми разрывами. Исходя из предположения монотонности фоновых шумов, появляется возможность вычислять спектральные характеристики монотонных шумов для дальнейшего шумоподавления.

Одним из основных методов удаления шума является спектральное вычитание. Входной сигнал раскладывается в спектрограмму. Далее пользователь указывает в звуке фрагмент чистого шума, по которому алгоритм вычисляет спектр шума. Известно, что спектр от суммы сигнала и шума равен сумме спектров сигнала и шума. Поэтому для очистки сигнала от шума осуществляется вычитание амплитудного спектра шума из амплитудного спектра аудиосигнала в каждый момент времени [1].

На основе этих данных разработан ряд алгоритмов и написано приложение, основные возможности которого:

- отображение характеристик входного файла;
- визуализация спектрограммы сигнала;
- визуализация диаграммы звуковой волны сигнала с возможностью рассмотрения отдельных участков;
- автоматизированное определение характеристик шума;
- отображение спектра предполагаемого шума и общего спектра для текущего окна;
- фильтрация звука по амплитудно-частотной характеристике (АЧХ) шума методом спектрального вычитания.

Входной звуковой сигнал имеет следующие ограничения:

- удаляемый шум является равномерно распределенным по всей длительности входного сигнала;
- АЧХ шума может быть произвольной, но не должна изменяться во времени;
- полезный сигнал имеет промежутки нулевой интенсивности, относительную плотность которых возможно определить.

В качестве входных параметров данного алгоритма выступают следующие величины:

- размер окна спектрограммы, на основе которого делается выборка для вычисления АЧХ шума;
- размер окна фильтрации;
- плотность построения спектрограммы;
- предполагаемое распределение интервалов разрыва полезного сигнала.

Вычисление АЧХ шума происходит по следующему алгоритму. На вход подается спектрограмма исходного сигнала в виде двумерного массива данных. Для каждого временного отсчета спектрограммы производится суммирование весовых коэффициентов частот; данные сохраняются в промежуточный массив. Затем производится сортировка массива по возрастанию с сохранением исходного порядкового номера ячеек массива; это необходимо для определения соответствия значений промежуточного массива и исходной спектрограммы. Про-

изводится выбор некоторого количества отсчетов N с минимальным весом, где N – входной параметр, определяемый экспертом как предполагаемое распределение интервалов разрыва полезного сигнала. Для этих отсчетов приводятся в соответствие их спектры, и усредненное их значение принимается на выходе за АЧХ шума.

Далее полученный спектр расширяется до требуемых размеров (размер окна обработки) и вычитается из спектра данных по этому окну. В конце производится обратное преобразование в звук, ожидаемо свободное от шума.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексей Лукин. Подавление широкополосного шума: история и новые разработки // Звукорежиссер. 2008. Т. 101, №4. С. 68.

ОЦЕНИВАНИЕ МОЩНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НАСОСНОГО АГРЕГАТА

П.П. Ткачев, А.А. Головнина, А.С. Карагодин, студенты каф. АСУ
Научный руководитель А.А. Светлаков, профессор, д.т.н.
г. Томск, ТУСУР, sesk.fabregas93@mail.ru

В настоящее время задача аппроксимации различных функций является актуальной, так как она позволяет исследовать числовые характеристики или качественные свойства объекта, сводя задачу к изучению более простых или удобных объектов. Объектом исследования в данной статье является насосный агрегат (НА) и его мощностные характеристики. НА состоит из насоса и приводящего двигателя, соединенных между собой. Одной из основных характеристик насоса является потребляемая им мощность. Мощностной характеристикой насоса называется зависимость потребляемой мощности N_H от расхода V перекачиваемой им жидкости при постоянной угловой скорости.

При изготовлении НА проводят специальные испытания на воде и снимаются характеристики, которые представлены в специальном паспорте. Среди этих характеристик имеются графики (схемы) НА. Проблемой является то, что нет аналитического описания характеристики НА, и при решении определенных задач могут возникнуть трудности.

Пусть у нас есть произвольные мощностные характеристики НА, записанные в табличном виде. На основании этих данных требуется подобрать такую функцию $\hat{N} = \hat{N}(V)$, которая наилучшим образом представляла бы экспериментальную зависимость между переменными и по возможности точно отражала общую тенденцию зависимости

между мощностью N и расходом V , исключая погрешности измерений и случайные отклонения. Это значит, что отклонения $N_i - \hat{N}(V_i)$ в каком-то смысле были бы наименьшими.

Введем непрерывную функцию $\hat{N}(V)$ для аппроксимации дискретной зависимости $\hat{N}(V_i)$, $i = 0 \dots m$. Будем считать, что функция $\hat{N}(V)$ построена по условию наилучшего квадратичного приближения, если:

$$S = \sum_{i=0}^{m-1} (N(V_i) - \hat{N}_i(V_i, c))^2 \rightarrow \min, \quad (1)$$

$$\hat{N} = \hat{N}(V_i, c). \quad (2)$$

Задача сводится к минимизации данной функции по вектору c [1]. Как известно, частные производные функции при оптимальном выборе неизвестных коэффициентов многочлена должны обращаться в нуль, откуда из условий минимума получаем:

$$\frac{\partial S}{\partial c_0} = 0; \dots \frac{\partial S}{\partial c_{n-1}} = 0; \quad n < m. \quad (3)$$

Далее считаем, что аппроксимирующая функция представлена в следующем виде:

$$\hat{N} = c_0 + c_1 L_1(V) + \dots + c_{n-1} L_{n-1}(V), \quad (4)$$

где $L_i(V)$ – полином Лагерра i -й степени. Для определения коэффициентов c в (4) вводим функцию:

$$S = \sum_{i=0}^{m-1} (N_i - c_0 - c_1 L_1(V) - \dots - c_{n-1} L_{n-1}(V))^2 = \min. \quad (5)$$

Дифференцируя эту функцию и приравнявая производные нулю, получаем следующую систему уравнений в развернутом виде:

$$\frac{\partial S}{\partial c_j} = \sum_{i=1}^m 2(N_i - \hat{N}) (-L_j(V_i)) = 0; \quad (6)$$

$$- \sum_{i=0}^{m-1} N_i L_j(V_i) + \sum_{i=0}^{m-1} c_0 L_j(V_i) + c_1 L_j(V_i) L_1(V_i) + \dots + c_{n-1} L_j(V_i) L_{n-1}(V_i) = 0; \quad (7)$$

$$(\sum_{i=0}^{m-1} L_j(V_i)) c_0 + (\sum_{i=0}^{m-1} L_1(V_i) L_j(V_i)) c_1 + \dots + (\sum_{i=0}^{m-1} L_{n-1}(V_i) L_j(V_i)) c_{n-1}; j=0, n-1. \quad (8)$$

Введем матрицу A и векторы c и b , определив их равенством

$$A = \begin{pmatrix} \sum_{i=0}^{m-1} L_0(V_i) & \sum_{i=0}^{m-1} L_1(V_i) L_0(V_i) & \sum_{i=0}^{m-1} L_{n-1}(V_i) L_0(V_i) \\ \sum_{i=0}^{m-1} L_1(V_i) & \sum_{i=0}^{m-1} L_1(V_i) L_1(V_i) & \sum_{i=0}^{m-1} L_{n-1}(V_i) L_1(V_i) \\ \dots & \dots & \dots \\ \sum_{i=0}^{m-1} L_{n-1}(V_i) & \sum_{i=0}^{m-1} L_1(V_i) L_{n-1}(V_i) & \sum_{i=0}^{m-1} L_{n-1}(V_i) L_{n-1}(V_i) \end{pmatrix}, \quad (9)$$

$$\mathbf{c} = \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \\ \dots \\ c_{n-1} \end{pmatrix}, \mathbf{b} = \begin{pmatrix} \sum_{i=1}^m N_i L_0(V_i) \\ \sum_{i=1}^m N_i L_1(V_i) \\ \dots \\ \sum_{i=1}^m N_i L_{n-1}(V_i) \end{pmatrix} \quad (10)$$

и представим систему (6)–(8) в векторно-матричном виде. В результате получим систему алгебраических уравнений вида

$$\mathbf{A}\mathbf{c} = \mathbf{b}. \quad (11)$$

После того как с помощью, например, метода Гаусса найдены коэффициенты, можно построить аппроксимирующую функцию. Полученные коэффициенты c_i подставляем в функцию (4). Тем самым придавая аргументу V различные значения, можем вычислять соответствующие значения функции. Таким образом, задача аппроксимации решена [2].

Эту же задачу аппроксимации можно решить, используя новую систему ортонормированных функций. Для ее построения необходимо использовать алгоритм Грамма–Шмидта. В качестве исходной системы векторов возьмем ряд полиномов до n -го порядка:

$$P = \{1, V^{\frac{1}{2}}, V, V^{\frac{3}{2}}, V^2, V^{\frac{5}{2}}, \dots\}. \quad (12)$$

Исследуем систему в заданном интервале значений. Далее получаем вектор, значения которого равны координатам, и строим систему векторов:

$$\begin{cases} \vec{a}_0 = p_0(\vec{V}), \\ \vec{a}_1 = p_1(\vec{V}), \\ \dots \\ \vec{a}_n = p_n(\vec{V}), \end{cases} \quad (13)$$

где $p_0 = 1$, $p_1 = V^{\frac{1}{2}}$, $p_2 = V$ и т.д.

Далее на основе счетного множества линейно независимых векторов мы строим ортонормированную систему векторов $\vec{z}_0, \vec{z}_1, \dots, \vec{z}_5$ с помощью алгоритма Грамма–Шмидта.

В результате мы получаем совокупность векторов, и далее используем их для решения задачи аппроксимации.

Заключение. Проведем оценку методов и сравним их по точности. При вычислениях на ЭВМ формулы алгоритма Грамма–Шмидта часто не точно ортогональны из-за ошибок округления. Поэтому данный алгоритм называют численно неустойчивым. При увеличении индекса заданных полиномов увеличивается и погрешность данного алгоритма. Говоря о методе наименьших квадратов, можно отметить, что погрешность может возникнуть при переходе от графического к табличному виду. Для того чтобы вычислить погрешность, требуется про-

граммная реализация алгоритмов, поэтому сравнение методов по погрешностям можно будет провести только после проведения расчетов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Светлаков А.А.* Традиционное и нетрадиционное оценивание неизвестных величин: учеб. пособие: в 2 ч.: Томск: Том. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2007. 550 с.
2. *Аппроксимация* функций методом наименьших квадратов [Электронный ресурс]: solidbase.karelia.ru URL: http://solidbase.karelia.ru/edu/meth_calc/files/09.shtm

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ В ГИБРИДНОЙ СИСТЕМЕ МОНИТОРИНГА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

С.Б. Турсынханов, студент, А.А. Кулешов, аспирант

*Научный руководитель А.Б. Бовсуновский, с.н.с. НИИ ПММ ТГУ, к.ф.-м.н.
г. Томск, ТГУ, tursynkhanov@mail.ru*

В обеспечении промышленной безопасности на предприятиях важную роль играет контроль механического состояния конструкции зданий и сооружений различными системами мониторинга. Классическая схема системы непрерывного мониторинга включает в себя измерительную систему и систему контроля измеренных параметров, где полученные данные сопоставляются с предельными значениями или допустимыми интервалами. Гибридная схема системы мониторинга отличается от классической в том, что на основе измеренных параметров решается прямая или обратная задача деформирования несущих конструкций сооружения. Результатом решения данной задачи является полная картина напряженно-деформированного состояния (НДС) объекта мониторинга и возможность анализа контролируемых параметров по всем без исключения элементам конструкции [1, 2].

Опыт построения гибридной системы мониторинга конструкции здания обогатительной фабрики в пгт. Чегдомын Хабаровского края выявил ряд особенностей, связанных с выбором измерительных систем и местами установки датчиков. В системе реализовано решение обратной задачи деформирования конструкции [3]. Объект мониторинга представляет собой промышленное здание, архитектурно-конструктивной особенностью которого является металлический каркас рамно-связевого типа, изготовленный из стали.

В качестве входных данных для восстановления картины НДС под действием квазистатических нагрузок используются измерения деформации вертикальных несущих колонн. Для определения вклада

от динамических вибрационных нагрузок используются датчики ускорения (акселерометры). Долгосрочный контроль положения основных несущих конструкций сооружения осуществляется датчиками позиционирования в пространстве.

Предварительные расчеты показали, что выбранные квазистатические нагрузки (давление снега, ветра, перепад температур) вызывают деформации до $1,2 \cdot 10^{-4}$ единиц (стрейн), что позволяет использовать для их измерения датчики на основе оптоволокна [4]. Оптоволоконный датчик содержит специальную насечку, деформирование которой сказывается на проходящем световом сигнале. Достижимая точность измерений составляет $0,5 \cdot 10^{-6}$ стрейн, а частота – до 25 герц.

Рассмотрены два варианта расположения датчиков: в местах возникновения максимальных деформаций по каждой из типовых нагрузок, и на одной из несущих колонн в центральной части здания. Оба варианта обеспечили устойчивые измерения на нагрузках порядка 10% от нормативных значений. При этом как с экономической, так и с технологической точки зрения вариант локализации измерительной системы и ее датчиков в центральной части здания наиболее выгоден. Схема монтажа датчиков, показанная на рис. 1, позволяет контролировать изгибы и продольные деформации несущей колонны во всех направлениях. Минимально необходимое количество датчиков – три, вторая тройка обеспечивает резервирование на случай отказов датчиков или повреждения линий связи.

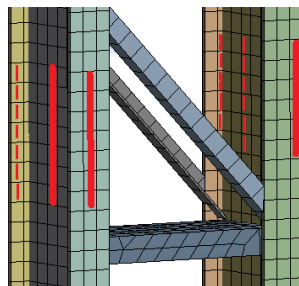


Рис. 1. Схема монтажа одноосных датчиков деформации на несущей колонне

Датчики ускорения в рамках разрабатываемой системы мониторинга служат для определения параметров вибрационного воздействия оборудования. Расположение однотипного оборудования группами на отдельных этажах фабрики позволяет установить один вибрационный датчик на группу. От момента запуска до выхода на рабочий режим частоты оборудования изменяются в диапазоне от 0 до 20 Гц, поэтому для их отслеживания требуются датчики ускорения с частотой работы порядка 200 Гц и выше.

Датчики смещений в рамках разрабатываемой системы мониторинга служат для контроля обратимости деформаций несущей конструкции в долгосрочной перспективе. Они призваны отслеживать

масштабные смещения, вызванные пластическими деформациями под действием типовых нагрузок или проседания фундамента здания. Нет необходимости производить измерения данных величин в режиме реального времени, поэтому в качестве измерительного комплекса вполне подходит система на основе GPS/GLONASS-позиционирования [5]. Такая система сочетает в себе удобство монтажа, простоту эксплуатации и позволяет достигать точности 1–2 мм на интервалах измерения более 20 мин. Для рассматриваемого здания смещения точек на крыше под действием максимальных типовых нагрузок составляют 65 мм. В случае выхода смещений за этот диапазон необходим анализ состояния конструкции и, в случае принятия решения о продолжении его эксплуатации, производится перерасчет математической модели для мониторинга и установка новых «нулевых» значений для датчиков деформации.

Выявленные особенности применения измерительных комплексов в рассматриваемой системе мониторинга позволили подобрать наиболее эффективные средства измерений, места установки датчиков, а также отработать программное взаимодействие различных частей системы на серии виртуальных тестов с применением реального оборудования [5–6].

ЛИТЕРАТУРА

1. Butov V.G., Solonenko V.A., Yashchuk A.A., Bovsunovsky A.B., Kuleshov A.A. Monitoring system for the berth construction: 9-th International Forum on Strategic Technology. 2014 (IFOST–2014).
2. Болдырев Г.Г., Валеев Д.Н., Живаев А.А., Идрисов И.Х. Опыт практического применения систем мониторинга конструкций зданий // В мире неразрушающего контроля. 2010. № 2(48). С. 54–59.
3. Кулешов А.А., Солоненко В.А., Ящук А.А., Бовсуновский А.Б., Турсынханов С.Б. Использование средств математического моделирования для обеспечения безопасности при эксплуатации зданий и сооружений // IV Междунар. молодежная науч. конф. «Актуальные проблемы современной механики сплошных сред и небесной механики». 17–19 ноября 2014 г. / под ред. М.Ю. Орлова. Томск, 2014. С. 6–8.
4. FBG MUST DEFORMATION SENSOR [Электронный ресурс]. URL: <http://www.roctest.com/en/content/download/1038/8873/file/SDS%2012.1010%20MuST%20Deformation%20Sensor.pdf>
5. Leica GNSS Spider [Электронный ресурс]. URL: http://lnrglobalcom.nl/downloads/Leica_GNSS_Spider_Brochure_en.pdf
6. Sensing Analysis Software. ENLIGHT [Электронный ресурс]. URL: http://www.micronoptics.com/uploads/library/documents/datasheets/Micron_Optics_ENLIGHT.pdf

ПОДСЕКЦИЯ 19.2

МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЭКОНОМИКЕ

*Председатель секции – Мицель Артур Александрович,
проф. каф. АСУ, д.т.н.;*

*зам. председателя – Кузьмина Елена Александровна,
доцент каф. АСУ, к.т.н.*

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ ОПИСАНИЯ ФИНАНСОВЫХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ ARCH И PUCK

А.Т. Аспембитова, аспирант каф. МиСА

*Научный руководитель Е.В. Истигечева, доцент каф. МиСА, к.т.н.
г. Томск, ТУСУР, ayanasp@yahoo.com ievne@mail.ru*

Финансовый рынок – сложная система со множеством переменных, связей и факторов, и возникает необходимость построения и усовершенствования математических моделей, способных адекватно описать динамику цен финансовых инструментов. Для успешного моделирования доходности финансовых инструментов необходимо учитывать стилизованные факты, которыми обладают финансовые временные ряды. В данной статье проведен сравнительный анализ широко известной модели ARCH (Autoregressive Conditional Heteroscedasticity) и модели PUCK (Potentials of Unbalanced Complex Kinetics), основанной на отождествлении свойств физических явлений со свойствами финансовых временных рядов.

Модель ARCH. Нобелевский лауреат Роберт Энгле предложил концепцию авторегрессионной условной гетероскедастичности – модель ARCH (Autoregressive Conditional Heteroscedasticity) [1].

Для описания эволюции величин $y=(y_n)_{n \geq 1}$ выбирается условно гауссовская модель, в которой

$$y_n = \sigma_n \varepsilon_n, \quad \sigma_n^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i y_{n-i}^2.$$

Величины σ_n являются F_{n-1} – измеримыми неотрицательными случайными величинами. Здесь F_{n-1} – предыстория процесса y_n , σ_n^2 – волатильность. Для того чтобы эта модель была корректно определена, параметры должны удовлетворять соотношениям $\alpha_0 > 0, \alpha_1, \dots, \alpha_p \geq 0$.

С развитием информационных систем появилась возможность анализа данных, полученных за короткие промежутки времени. И ос-

новываясь на этих данных, были выявлены новые характеристики финансовых временных рядов, и, следовательно, появились новые модели, учитывающие эти свойства [2].

Модель PUCK. Модель броуновского движения была верифицирована в середине 1990 г. с развитием науки эконофизики. С точки зрения эконофизики, цены рассматриваются как колеблющиеся макроскопические переменные, которые определены взаимодействием большого количества компонентов. В экономике такими «компонентами» являются участники рынка. Анализируя их поведение с помощью агентного моделирования, было замечено, что рынок обладает некой потенциальной силой. Трейдеры действуют, исходя из общего тренда: следуют ему или идут против тренда, ожидая его изменения [4]. Первым шагом анализа является нахождение оптимального скользящего среднего, для того, чтобы отделить белый шум от реальных данных. Если скользящее среднее мы определим как

$$\overline{p(t)} = \sum_{k=1}^n w_k p(t-k),$$

где w_k – шумы, то оптимальное скользящее среднее будет

$$\overline{p_M(t)} = \frac{1}{M} \sum_{k=1}^M \overline{p(t-k)},$$

где M – количество значений (тиков).

Представляя на графике временную разницу между оптимальным скользящим средним, и временную разницу между оптимальным скользящим средним и суперскользящим средним во время t , можно наглядно увидеть существование потенциальной силы.

Коэффициент потенциальной силы можно вычислить следующим образом:

$$\overline{p(t+1)} - \overline{p(t)} = \frac{1}{2} \cdot \frac{b(t)}{M-1} \cdot \frac{d}{dP} (\overline{p(t)} - \overline{p_M(t)}) + F(t),$$

где $b(t)$ – коэффициент потенциальной силы, независимый от количества тиков; $F(t)$ – остаточное значение, аппроксимируемое независимым случайным шумом.

Если значение $b(t)$ имеет положительное значение – потенциальная сила притягивает оптимальное значение цены к значению цены суперскользящего среднего, что означает стабильное следование тренду. Если же $b(t)$ имеет отрицательное значение – это сигнализирует о дальнейшем резком изменении курса [5].

Заключение. Модели ARCH и ее модификации моделируют волатильность, используя данные исторического изменения цен. В рамках этих моделей учитываются эффекты кластерности и наличие тяжелых

хвостов в финансовых временных рядах. Однако в реальных данных, наблюдаемых в короткие промежутки времени, мы наблюдаем корреляцию между изменением цен. А модели ARCH не учитывают это свойство. Модель PUCK, с эмпирической точки зрения, учитывает все основные свойства финансовых временных рядов. Однако для вычисления потенциала PUCK реальных данных необходимо большое количество значений в короткий временной промежуток. Таким образом, если при моделировании волатильности мы обладаем достаточным количеством данных, полученных в короткие временные промежутки, то целесообразно будет использование модели PUCK для оценивания рисков. Если же значений недостаточно, то модель PUCK не сможет адекватно спрогнозировать волатильность вследствие отсутствия корреляции между значениями цен скользящего среднего и оптимального скользящего среднего. В таком случае модель ARCH дает лучшее описание динамики временного ряда.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Истигечева Е.В., Мицель А.А.* Модели с авторегрессионной условной гетероскедастичностью // Доклады ТУСУРа. Томск, 2006. Т. 5. С. 15–21.
2. *Rickles D.* Econophysics and the Complexity of Financial Markets.
3. *Engle R.F.* ARCH. Oxford: Oxford Univ. Press, 1995.
4. *Ugayama K., Takayasu H., Takayasu M.* Risk Valuation with PUCK formulation // Social Modelling and Econophysics Colloquium. 2014. Kobe, Japan.
5. *Mizuno T., Kurihara S., Takayasu M., Takayasu H.* Analysis of high-resolution foreign exchange data of USD-JPY for 13 years // Physica A. 2003. Vol. 324, P. 296–302.

ПЛАНИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ АССОРТИМЕНТА ПРОДУКЦИИ КОНДИТЕРСКОГО ЦЕХА

К.О. Атепко, студент каф. АСУ
Научный руководитель Е.Б. Грибанова
г. Томск, ТУСУР, aterko@gmail.com

Среди множества практических задач, решаемых в крупных фирмах, всегда возникает проблема планирования ассортимента товаров и услуг. Эта задача относится к одной из важнейших функций современного маркетинга и позволяет при правильном и обоснованном ее решении удовлетворить покупательский спрос при определенных ограничениях и получить при этом запланированную прибыль. Последствия непродуманных стратегий по планированию ассортимента товаров и услуг могут привести к большим затратам.

Понятие ассортимента и ассортиментной политики. Одной из важнейших товароведных характеристик товаров является ассортиментная характеристика, которая определяет принципиальные различия между товарами разных видов и наименований. Ассортимент товара – перечень товаров, объединенных по какому-либо признаку и удовлетворяющих потребности человека [1].

Планирование номенклатуры и ассортимента продукции может и должно базироваться на знании потребностей рынка и его состояния, анализе спроса, прогноза продаж, обеспечения наиболее полного удовлетворения общественных потребностей. При этом важно иметь в виду, что планирование ассортимента продукции – это непрерывный процесс, продолжающийся на протяжении всего жизненного цикла товара, начиная с зарождения идеи и заканчивая снятием его с продажи.

Существует множество стратегий для планирования ассортимента, но самой благоприятной является оптимальная стратегия [2].

Примером для построения математической модели для выбора оптимального ассортимента является предприятие «Кондитерский цех» ИП Курбанова, которое на рынке уже более десяти лет и имеет стабильные продажи. В данном случае уже существует достаточная статистика объемов продаж, и поэтому построение математических моделей планирования ассортимента товаров вполне возможно.

Модель оптимальной структуры ассортимента продукции кондитерского цеха. В модели осуществлен поиск оптимального ассортимента в соответствии со следующими критериями оптимальности:

- 1) максимизация общей прибыли;
- 2) минимизация общих переменных затрат;
- 3) максимизация индекса динамики спроса;
- 4) минимизация коэффициента относительной вариации.

Определение переменных модели:

- 1) данные по спросу на продукцию за три месяца: апрель, май, июнь;
- 2) среднемесячный спрос продукции i -го вида ($Q_{срi}$);
- 3) относительная вариация спроса i -го наименования (V_{oi});
- 4) трудоемкость единицы наименования (T_{di});
- 5) данные об используемом сырье (r_j) и затратах на него;
- 6) данные о цене за единицу товара за 1 кг;
- 7) переменные затраты i -го наименования (VC_i);
- 8) индекс динамики спроса i -го наименования (Ind_i);
- 9) n – количество наименований.

Ограничения модели:

1. $OR_i \leq Q_{cpi}$, где OR_i – оптимальное количество выпускаемой продукции i -го вида;
2. $OR_i \geq 0$.
3. $\sum_{i=1}^n VC_i \leq VC_{o\max}$, где $VC_{o\max}$ – максимальное значение общих переменных затрат, VC_i – переменные затраты для i -го наименования;
4. $\sum_{i=1}^n T_{di} \leq T_{d\max}$, где $T_{d\max}$ – максимально допустимая трудоемкость;
5. $\sum_{i=1}^n MP_i \geq P_{\min}$, где MP_i – маржинальная прибыль i -го наименования, $P_{\min}$ – минимально допустимая прибыль;
6. $r_j \leq r_{j\max}$, где r_j – сырье j -го вида (например, при $j=1$ r_j – количество муки, при $j=2$ r_j – количество яиц), $r_{j\max}$ – максимальное потребление сырья.

Целевые функции модели. В модели были использованы 4 целевые функции:

1. Общая прибыль:

$$TP = \sum_{i=1}^n MP_i \cdot OR_i.$$

Данную целевую функцию необходимо *максимизировать*.

2. Общие переменные затраты:

$$VC_o = \sum_{i=1}^n VC_i \cdot OR_i.$$

Данную целевую функцию необходимо *минимизировать*.

3. Индекс динамики:

$$L_d = \sum_{i=1}^n \frac{Ind_i \cdot OR_i \cdot 100}{Q_o}.$$

Данную целевую функцию необходимо *максимизировать*.

4. Для коэффициента относительной вариации использовалась следующая формула:

$$V = \sum_{i=1}^n V_{oi} \cdot Q_o - \frac{OR_i}{Q_o}.$$

Данную целевую функцию необходимо *минимизировать*.

Заключение. В ходе выполнения работы была разработана и реализована модель оптимальной структуры ассортимента кондитерского цеха.

При разработке были использованы методы линейного программирования. Данная модель позволяет находить оптимальные решения по планированию ассортимента продукции с учётом различных влияющих факторов и ограничений применительно к условиям существующего рынка.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Товароведение* и экспертиза товаров. Ассортимент товаров. Свойства и показатели ассортимента [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.znaytovar.ru/new369.html>, свободный.

2. *Математические модели планирования ассортимента товаров и услуг* [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://minzov.ru/analitic/3.pdf>, свободный.

ОБЗОР ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ

Б.Ю. Бутуханов, Т.А. Рогалева, К.С. Ерофеева

Научный руководитель М.Ю. Катаев, профессор каф. АСУ, д.т.н.

г. Томск, ТУСУР, butukhanovb@mail.ru, nika333-94@mail.ru.

tomchik_047@mail.ru

Проект ГПО АСУ-1307 «Моделирование бизнес-процессов»

Бизнес-процесс – это логически завершённая цепочка взаимосвязанных и повторяющихся видов деятельности, в результате которых ресурсы предприятия используются для переработки объекта (физически или виртуально) с целью достижения определенных измеримых результатов или создания продукции для удовлетворения внутренних или внешних потребителей. Для графического описания применяются блок-схемы.

Одним из ключевых понятий является **моделирование бизнес-процессов**. Это один из методов оптимизации деятельности организации, в основе которого лежит описание процесса через различные элементы, присущие ему.

Как правило, моделирование бизнес-процессов описывает логическую связь между элементами процесса от его начала и до завершения. В более сложных случаях моделирование также может включать внешние по отношению к организации процессы и системы. Моделирование помогает провести анализ и понять работу предприятия. Это достигается за счет того, что модели могут быть составлены по различным уровням управления и аспектам. На крупных предприятиях моделирование бизнес-процессов выполняется более тщательно и мно-

гограннее, чем на малых, это связано с большим количеством кросс-функциональных связей.

Описание бизнес-процессов – один из главных этапов построения модели предприятия в любой системе бизнес-моделирования. При помощи описания бизнес-процессов выявляются слабые места процессов, протекающих на предприятии, вся информация о процессе становится формализованной, разграничиваются сферы деятельности участников процесса, определяются наиболее значимые ресурсы и степень их использования и т.д. В современном мире для моделирования бизнес-процессов применяются различные программные продукты, позволяющие облегчить управление моделями и сократить время анализа.

Из множества существующих на рынке программных продуктов, мы уделили внимание самым распространенным и уверенно закрепившимся в этом сегменте. Мы разделили их на несколько категорий, а именно: платные и бесплатные и онлайн-сервисы и программные продукты.

Онлайн сервисы моделирования бизнес-процессов

Бесплатные

БП Моделер [www.bpsimulator.com/ru]

Моделер бизнес-процессов – бесплатный онлайн-сервис для визуального моделирования бизнес-процессов. Возможности быстро прототипировать бизнес-процессы. Простое визуальное моделирование бизнес-процессов с использованием EPC нотации. Экспорт модели в файл изображения. Персональное хранение данных локально или в Google Диск. Поддержка планшетов и дисплеев высокой четкости.

Платные

Bpmonline sales 7.4 [www.terrasoft.ru/]

Система управления бизнес-процессами, позволяющая создавать бизнес-процессы даже пользователям, не имеющим знаний в сфере бизнес-проектирования. Сервис имеет мастер процессов, который позволяет построить процессы в нотации BPMN, а также ряд готовых шаблонов. Достаточно описать в текстовых полях необходимые действия и их последовательность, указать ответственных, и система автоматически создаст бизнес-процесс, готовый к исполнению, и визуализирует его диаграмму в нотации BPMN.

Программы для моделирования бизнес процессов

Бесплатные

ARIS Express 2.6 – это бесплатный упрощенный инструмент для моделирования бизнес-процессов. Программа ориентирована на новичков в сфере бизнес-моделирования и обычных пользователей, а также для студентов университетов. Программа предлагается как альтернатива другим инструментам для рисования.

Платные

BPWin и ERWin. Пакет BPWin основан на методологии IDEF и предназначен для функционального моделирования и анализа деятельности предприятия. Методология IDEF, являющаяся официальным федеральным стандартом США, представляет собой совокупность методов, правил и процедур, предназначенных для построения функциональной модели объекта какой-либо предметной области. Функциональная модель IDEF отображает функциональную структуру объекта, т.е. производимые им действия и связи между этими действиями.

ERWin – средство, используемое при моделировании и создании баз данных произвольной сложности на основе диаграмм «сущность – связь».

Fox Manager Business Processes 1.7 – это самостоятельный программный продукт, являющийся подмодулем системы Fox Manager. Программа предназначена для построения единой цельной процессной модели предприятия.

IBM WebSphere Business Modeler (IBM) является программным средством, нацеленным на моделирование, имитацию и анализ бизнес-процессов. Помимо этого IBM WebSphere Business Modeler позволяет сформировать перечень показателей KPI, привязать их к элементам бизнес-процесса и путем имитации модели спрогнозировать их значения. Таким образом, отслеживается достижение стратегических и тактических целей компании.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Войнов И.В., Пудовкина С.Г., Телегин А.И.* Моделирование экономических систем и процессов. Опыт построения ARIS-моделей. Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2002. 392 с.
2. *Волков О.* Стандарты и методологии моделирования бизнес-процессов. Режим доступа: <http://www.connect.ru/article.asp?id=5710>. Загл. с экрана.
3. *Григорьев Д.* Моделирование бизнес-процессов предприятия. Режим доступа: <http://www.valex.net/articles/process.html>. Загл. с экрана.

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА УПРАВЛЕНИЯ ВЫВОДОМ НА ЗАДАННОЕ МНОГООБРАЗИЕ МОДЕЛИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Н.Д. Дубина, студентка каф. ВМ и ММ

Научный руководитель С.И. Колесникова, д.т.н.

г. Томск, ТГУ, dubina-nina@mail.ru

Известны работы [1. С. 227] по моделированию экономической деятельности предприятий на основе модели Лоренца (модели детерминированного хаоса).

$$\begin{cases} \frac{dX_1}{dt} = \alpha X_2 X_3 - \gamma X_1, \\ \frac{dX_2}{dt} = \mu(X_2 + X_3) - \beta X_1 X_3, \\ \frac{dX_3}{dt} = \delta X_2 - \lambda X_3. \end{cases} \quad (1)$$

Здесь переменные $\frac{dX_1}{dt}$, $\frac{dX_2}{dt}$, $\frac{dX_3}{dt}$ означают прирост числа со-

трудников с течением времени; прирост капитала с течением времени, прирост уровня использования новых технологий (НТ) соответственно; коэффициенты пропорциональности δ , α , β , γ , λ , μ сопоставлены эффективности вложения капитала; факторам создания привлекательного внешнего образа предприятия; затратам фирмы на сотрудников и на НТ; различным причинам, в результате которых сотрудник может уволиться или его уволят; факторам, затрудняющим внедрения НТ; факторам, влияющим на эффективность капиталовложений (в том числе и влияние различных налогов). Известны также условия порядка в такой системе и условия хаоса.

Параметры в системе, описывающие экономическую деятельность фирмы, в реальных условиях могут испытывать флуктуации и отклоняться от тех значений, при которых экономическая деятельность фирмы находится в устойчивом состоянии. С этой целью рассматривается объект управления вида

$$\begin{cases} \frac{dX_1}{dt} = \alpha X_2 X_3 - \gamma X_1 + u, \\ \frac{dX_2}{dt} = \mu(X_2 + X_3) - \beta X_1 X_3, \\ \frac{dX_3}{dt} = \delta X_2 - \lambda X_3 \end{cases}$$

и ставится задача стабилизации объекта в заданном состоянии.

Решение задачи основано на методе АКАР (аналитического конструирования агрегированных регуляторов). С этой целью задается макропеременная $\psi_1 = X_1 + \varphi(X_2, X_3)$, где $\varphi(X_2, X_3)$ – некоторая далее определяемая функция; задается оптимизирующий функционал вида

$$J = \int_0^{\infty} (\psi_1(t) + T_1^2 \psi_1^2(t)) dt \rightarrow \min, |T_1| < 1.$$

Из условия его минимума на базе метода Эйлера–Лагранжа находят управление с точностью до функции $\varphi(X_2, X_3)$:

$$f\left(X_2, X_3, \frac{\partial \varphi}{\partial X_2}, \frac{\partial \varphi}{\partial X_3}\right).$$

Далее с целью нахождения функции вводится макропеременная, в которой содержится информация об управляемой переменной и заданном состоянии $\psi = X_2 + \rho X_3$, содержательный смысл которого означает баланс между величиной капитала и затратами на НТ с коэффициентом пропорциональности ρ , равным из экономических соображений $|\rho| = 1/10$, что характерно для большинства реально существующих компаний и говорит о высоком уровне использования новых технологий.

Решение задачи условного экстремума:

$$J = \int_0^{\infty} (\psi^2(t) + T_2^2 \psi^2(t)) dt \rightarrow \min,$$

$$\begin{cases} \frac{dX_2}{dt} = \mu(X_2 + X_3) - \beta(X_2 X_3) X_3, \\ \frac{dX_3}{dt} = \delta X_3 - \lambda X_3 \end{cases}$$

приводит к конкретному виду $\varphi(X_2, X_3)$, а следовательно, к итоговому управлению, обеспечивающему асимптотическую устойчивость объекту управления.

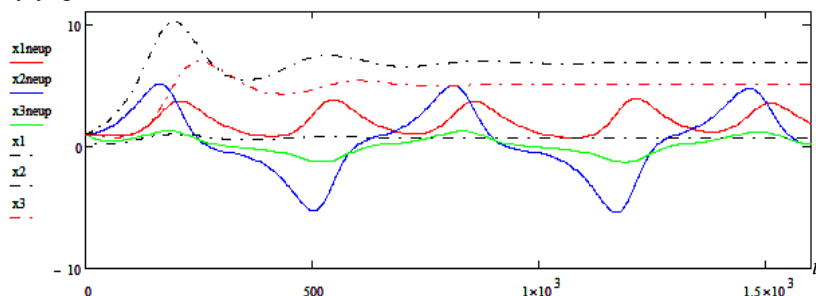


Рис. 1. Поведение модели (1) без управления и с подключенным к X_1 управлением. Исходные данные:

$$\alpha = 1,081; \beta = 3,5; \gamma = 1; \delta = 1,02; \lambda = 3,74; \mu = 1,71; \Delta = 0,01$$

На рис. 1 сплошными линиями показаны неуправляемые координаты, пунктиром управляемые координаты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Колесников А.А. Синергетика и проблемы теории управления: сб. науч. тр. / Под ред. А.А. Колесникова. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. 504 с.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СЕТЕВОЙ ТОРГОВЛИ

А.А. Горбатов, В.С. Колпаков, П.А. Чудин,

О.А. Анисимова, студенты каф. АСУ

Научный руководитель М.В. Григорьева, доцент каф. АСУ, к.т.н.

г. Томск, ТУСУР, kviacheslav1994@gmail.com

Сетевой маркетинг как разновидность систем распределения товаров получил применение сравнительно недавно, но уже успел себя зарекомендовать и доказал свою жизнеспособность и эффективность. Дальнейшее развитие системы сетевого маркетинга, имеет большое значение в современных социально-экономических условиях общественной жизни, так как сетевой маркетинг дает возможность каждому человеку независимо от его образования, возраста, материального положения начать индивидуальную предпринимательскую деятельность, то есть получить дополнительный источник дохода без значительных инвестиций и затрат времени. Сетевой маркетинг стал логическим продолжением маркетинга прямых продаж. Современными видами маркетинга прямых продаж являются торговли по каталогам, телемагазинам, интернет-магазинам.

Однако система прямых продаж обладает рядом недостатков, к которым относятся:

- небольшой объем продаж при распространении через торговых агентов;
- необходимость введения системы обучения торговых агентов, что приводит к увеличению штата и как следствие к росту затрат;
- постоянная мотивация торговых агентов;
- у торговых агентов нет уверенности в стабильности их заработка.

С каждым годом модель совершенствуется, претерпевает изменения, подстраиваясь под новые ситуации на рынке. Для успешного развития сетевому маркетингу необходима не только мощная теоретическая основа, но и инструменты для мгновенной реакции на процессы рынка [1].

Гипотеза: распространение сетевого маркетинга можно описать математической моделью, и в дальнейшем делать предположения об эффективности, основываясь на анализе этой модели.

Цель: описать математическую модель сетевой торговли в отдельно взятом регионе и с помощью этой модели определить, насколько будет эффективна деятельность данной компании.

Задачи:

1. Выявление факторов внедряемой среды (города, района).
2. Создание инструментов для получения актуальной информации об экономической эффективности района.

3. Изучение математической модели SIR (распространение эпидемии) в качестве аппроксимирующей для модели сетевой торговли.

Распространение сетевой торговли похоже по своему принципу на распространения вирусного заболевания. Существует множество моделей распространения вирусов, однако больше всего подходит модель SIR. Для того чтобы успешно решать задачу математического моделирования распространения сетевого маркетинга, в любом случае необходимо сформулировать ряд ограничений и предположений, в рамках которых будет работать модель. К подобным предположениям, к примеру, относятся предположения о характере заболевания (параметры сетевой компании), о структуре рассматриваемой популяции и некоторые другие. Так, для многих детских заболеваний, после перенесения которых вырабатывается стойкий (а возможно, и пожизненный) иммунитет, представляется логичным разделить рассматриваемую группу людей на 3 класса:

- те, кто восприимчивы к заболеванию;
- те, кто болеет в данный момент;
- те, кто переболел и приобрел иммунитет к заболеванию.

Данная модель хорошо подходит для моделирования эпидемий многих инфекционных заболеваний, включая ветрянку, корь, краснуху и многие другие. Также она прекрасно подходит для моделирования сетевого маркетинга, т.к. все понятия из эпидемиологии можно переносить в сетевой маркетинг практически без изменения.

Данной модели соответствует следующая система дифференциальных уравнений математической модели SIR [2]:

$$\begin{aligned}\frac{dS}{dt} &= -\beta SI, \\ \frac{dI}{dt} &= \beta SI - \gamma I, \\ \frac{dR}{dt} &= \gamma I, \\ N &= S(t) + I(t) + R(t).\end{aligned}$$

S – количество людей, восприимчивых к болезни (потенциальных клиентов); I – количество пораженных заболеванием (текущие клиенты); R – количество выздоровевших (бывшие клиенты).

Однако стоит отметить, что рассмотренная нами модель сетевой торговли, полученная из модели распространения вирусного заболевания SIR, имеет ряд недостатков. Например, в ней не учитывается денежная мотивация: чем больше людей заразил, тем меньше вероят-

ность, что он бросит это дело. Вследствие чего система имеет большую устойчивость, чем вирусная.

Заключение. В процессе работы над этим проектом мы изучили основы маркетинговых исследований, рассмотрели зависимости экономической рентабельности сетевой компании от различных факторов. Предложили и обсудили различные критерии, по которым можно оценить экономический уровень района.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Свободная online-энциклопедия Wikipedia* <http://ru.wikipedia.ru/> Сетевой маркетинг. Сетевой подход в маркетинге.
2. *A Better Mathematical Model of Viral Marketing.* <http://www.datacommunitydc.org/blog/2013/01/better-science-of-viral-marketing-part-2>

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОГНОСТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ШАБЛОННЫХ МОДЕЛЕЙ

М.А. Хлестунов, студент каф. ЭМИС

Научный руководитель И.Г.Боровской, проф., д.ф.-м.н.

г. Томск, ТУСУР, sammolu@mail.ru

Работа посвящена разделу прикладной математики, который связан как с нелинейными динамическими методами, так и анализом финансовых рядов. Этот раздел является весьма важным, поскольку имеет определяющее прогностическое значение во многих областях человеческой деятельности, в том числе и в экономике.

В данной работе рассматриваются результаты анализа применимости шаблонных моделей для исследования финансовых рядов на основе использования линейной аппроксимации.

В разработанный алгоритм линейной аппроксимации был добавлен способ группировки однонаправленных отрезков, который позволяет упростить проведение анализа однонаправленных отрезков, следующих за выбранным шаблоном. На вход для аппроксимации с группировкой подаются данные, полученные от программы построения линейной аппроксимации [1]. На вход для аппроксимации с группированием подаются данные, полученные от программы построения простой линейной аппроксимации. Для группировки требуется определить однонаправленные участки и заменить их одним. В данном случае условием перехода на исследование другого участка становится смена знака производной на последней точке аппроксимации – получив сведения о том, что произошла смена знака, алгоритм проводит прямую линию между первой и последней точками обработанного участка.

На основе разработанного алгоритма группировки автором было проведено исследование многоточечных шаблонов на быстропотекающих финансовых, сырьевых и фондовых рынках. Цель исследования заключалась в нахождении четырехэлементной конфигурации, обладающей прогностическими способностями, которые заключаются в том, что последующий за конфигурацией участок должен являться прогнозируемым подъемом или спадом. Таким образом, в результате нахождения паттерна оценивался последующий набор интервалов с целью их анализа. Исследование позволило установить, что, по меньшей мере для данных рынков прогностическая способность выбранной шаблонной модели не превосходит 65%.

На рис. 1 продемонстрирована четырехэлементная конфигурация с последующим участком, не соответствующим прогнозу.



Рис. 1. Несоответствие прогнозу

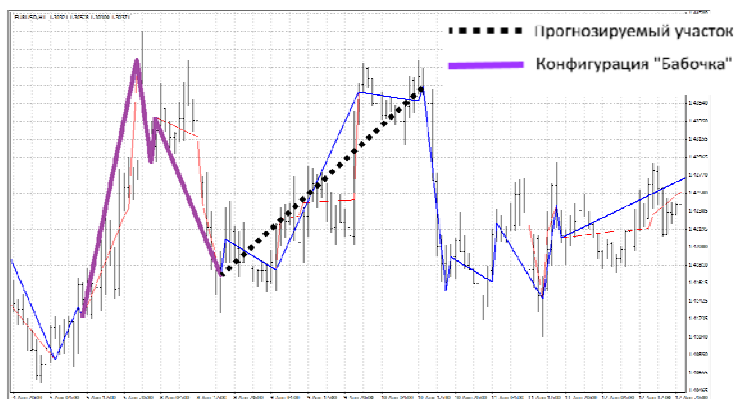


Рис. 2. Подтверждение прогноза

На рис. 2 продемонстрирована четырехэлементная конфигурация с последующим участком, соответствующим прогнозу.

Исследования производились с использованием среды терминала MetaTrader, который снабжен конструктором стратегий, базирующимся на Си-подобном языке MQL4. Тем самым программные модули, созданные в этой среде, позволяют оперативно проверить качество предлагаемых моделей визуально.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Материалы 51-й Международной научной студенческой конференции «Студент и научно-технический прогресс»: Экономика / Новосиб. гос. ун-т. Новосибирск, 2013. 162 с.*

ВЫБОР ИНСТРУМЕНТОВ ПРОДВИЖЕНИЯ ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА В СЕТИ ИНТЕРНЕТ

А.И. Медяник, магистрант каф. АОИ

*Научный руководитель Д.Н. Бараксанов, м.н.с. каф. АОИ
г. Томск, ТУСУР, p_eftyanik@bk.ru*

При организации рекламной кампании в сети Интернет может быть задействовано множество инструментов интернет-маркетинга, а также множество рекламных площадок, где могут размещаться коммуникационные сообщения. При этом возникает необходимость достичь максимальной эффективности коммуникационного воздействия при ограниченных финансовых ресурсах рекламной кампании. Для интернет-рекламы характерны различные ценовые модели размещения коммуникационных сообщений:

1) FFA (Flat Fee Advertising) – фиксированная оплата за размещение рекламы на сайте на определенный срок;

2) CPC – (cost per click) – цена за клик – ценовая модель, при которой рекламодатель платит за нажатия на свою рекламу;

3) CPM (Cost Per thousand) – основой для этого вида ценообразования служит стоимость за тысячу показов рекламы, или CPM (Cost Per thousand, где тысячу обозначает римская цифра М).

При использовании инструментов интернет-маркетинга характерны следующие показатели определения эффективности и стоимости размещения коммуникационных сообщений:

Показатели эффективности:

– CTR (click-through rate) – показатель кликабельности рекламных материалов. CTR определяется как отношение числа кликов на баннер или рекламное объявление к числу показов, измеряется в процентах.

– Количество кликов – определяет количество нажатий пользователем на ссылку или баннер, Click (CI).

– Количество всех показов – определяет сколько раз будет показано коммуникационное сообщение, Ad Impressions (AI).

– Среднесуточное количество просмотров – данные рекламной площадки о количестве пользователей за сутки, Reach Daily (RD).

– Период размещения – количество дней, на которое будет размещено рекламное сообщение, T , дней.

Стоимостные показатели:

– Стоимость клика, CPC, руб.

– Стоимость одного показа, CM, руб.

– Общая стоимость, FFA, руб.

– Стоимость тысячи показов, CPM, руб.

– Стоимость размещения за день, Cost Daily (CD).

У каждой ценовой модели есть свои исходные показатели эффективности и стоимости размещения коммуникационного сообщения и есть показатели, которые необходимо рассчитать (таблица).

Показатели эффективности и стоимости размещения коммуникационного сообщения

Ценовая модель	Исходные параметры	Расчетные параметры
FFA (Flat Fee Advertising)	T FFA RD	$CD = FFA/T;$ $AI = RD \times T;$ $CM = CPM/1000;$ $CI = RD \times CTR;$ $CPC = FFA/CI$
CPC (cost per click)	CPM RD AI	$FFA = CPM/1000 \times AI;$ $CI = RD \times CTR;$ $CM = CPM/1000;$ $CPC = FFA/CI$
CPM (Cost Per thousand)	CPC RD CI	$AI = CI \times CTR;$ $FFA = CI \times CPC;$ $CM = FFA/AI;$ $CPM = CM \times 1000$

Используя данный подход с применением алгоритмов оптимизации, можно построить математическую модель выбора оптимального набора инструментов и рекламных площадок для осуществления коммуникационного воздействия.

Пусть:

$I = \{1, 2, \dots, i, \dots, n\}$ – множество инструментов продвижения программных продуктов в сети Интернет;

$J = \{1, 2, \dots, m\}$ – множество рекламных площадок;

c_{ij} – стоимость контакта представителя целевой аудитории с коммуникационным сообщением i -го инструмента на j -й рекламной площадке;

R_j – количество финансовых ресурсов, выделенных для формирования ответной реакции представителей целевой аудитории на j -й рекламной площадке;

K_j – минимальное количество контактов представителей целевой аудитории на j -й рекламной площадке;

x_{ij} – количество контактов представителей целевой аудитории с коммуникационным сообщением i -го инструмента на j -й рекламной площадке. Требуется определить множество $X = \{x_{ij}\}$ при максимизации целевой функции

$$Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m z_{i,j} \cdot x_{i,j} \rightarrow \max, \quad (1)$$

и выполнении следующих ограничений:

$$\sum_{i=1}^n c_{i,j} \cdot x_{i,j} \leq R_j, \quad j = \overline{1, m}; \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{i,j} \geq K_j, \quad j = \overline{1, m}; \quad (3)$$

$$x_{i,j} = \{0, 1, 2, \dots\} \overline{1, m_1, m}, \quad (4)$$

(1)–(4) – является целочисленной задачей линейного программирования.

Предложенная математическая модель выбора инструментов и площадок размещения коммуникационных сообщений позволяет формализовать часть процесса медиапланирования, а именно выбора инструментов и площадок для коммуникационных сообщений.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ценовые модели размещения рекламы* // Энциклопедия интернет-рекламы под редакцией Тимофея Бокарева // Promo Interactive [Электронный ресурс]. Электронная энциклопедия 1997–2008. URL: http://book.promo.ru/article1_3.html (дата обращения: 26.02.2015).
2. Котлер Ф., Келлер К.Л. Маркетинг менеджмент. СПб.: Питер, 2007. 816 с.
3. Ехлаков Ю.П., Бараксанов Д.Н. Основные положения по разработке программы продвижения программных продуктов в сети Интернет. Томск, 2014. С. 9–10.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ВЫБОРА ОБЛИГАЦИЙ НА ОСНОВАНИИ G-КРИВОЙ

О.И. Рекундадь, ст. преподаватель каф. ВМ ТПУ,

Е.К. Гилёва, студентка каф. АСУ

Научный руководитель А.А. Мицель, профессор каф. АСУ, д.т.н.

г. Томск, ТПУ, ТУСУР, katrin_2727@mail.ru

Задача выбора инструментов инвестирования для формирования инвестиционного портфеля является ключевой для инвесторов любого уровня. От правильного набора ценных бумаг зависит результат всего инвестиционного процесса.

В данной работе авторами предложена автоматизированная система выбора облигаций, основанная на сравнении их характеристик, таких как доходность и дюрация, с данными по G-кривой. Также система рассчитывает основные характеристики для акций, такие как доходность, выборочное среднее и ковариация (рис. 1).

При отборе облигаций важно ориентироваться как тот или иной выпуск облигаций расположен относительно кривой бескупонной доходности (G-кривой). G-кривая – общепринятый способ описания временной структуры процентных ставок для однородных финансовых инструментов (долговых ценных бумаг) со сходными качественными характеристиками, в том числе близкого кредитного качества. G-кривая строится на основании сделок с ГКО-ОФЗ и позволяет оценивать характеристики облигаций, учитывая спреды по отношению к государственным ценным бумагам; выявлять целесообразность совершения сделок с недооцененными и переоцененными облигациями. Для описания G-кривой используется параметрическая модель Нельсона–Сигеля с добавлением корректирующих членов:

$$R(t) = \beta_0 + (\beta_1 + \beta_2) \frac{\tau}{t} \left[1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) \right] - \beta_2 \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) + g_1 \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) + \\ + g_2 \exp\left(-\frac{(t-1)^2}{2}\right) + g_3 \exp\left(-\frac{(t-2)^2}{2}\right),$$

где первые три слагаемых – модель Нельсона–Сигеля, остальные слагаемые – корректирующие добавки для более точного описания начала G-кривой.

Написанная программа реализует сбор данных с сайта в базу данных в онлайн-режиме (при свободном доступе к Интернету), а также строит график G-кривой за выбранный период. Преимуществом данной программы является существенное сокращение времени на сбор и обработку информации.

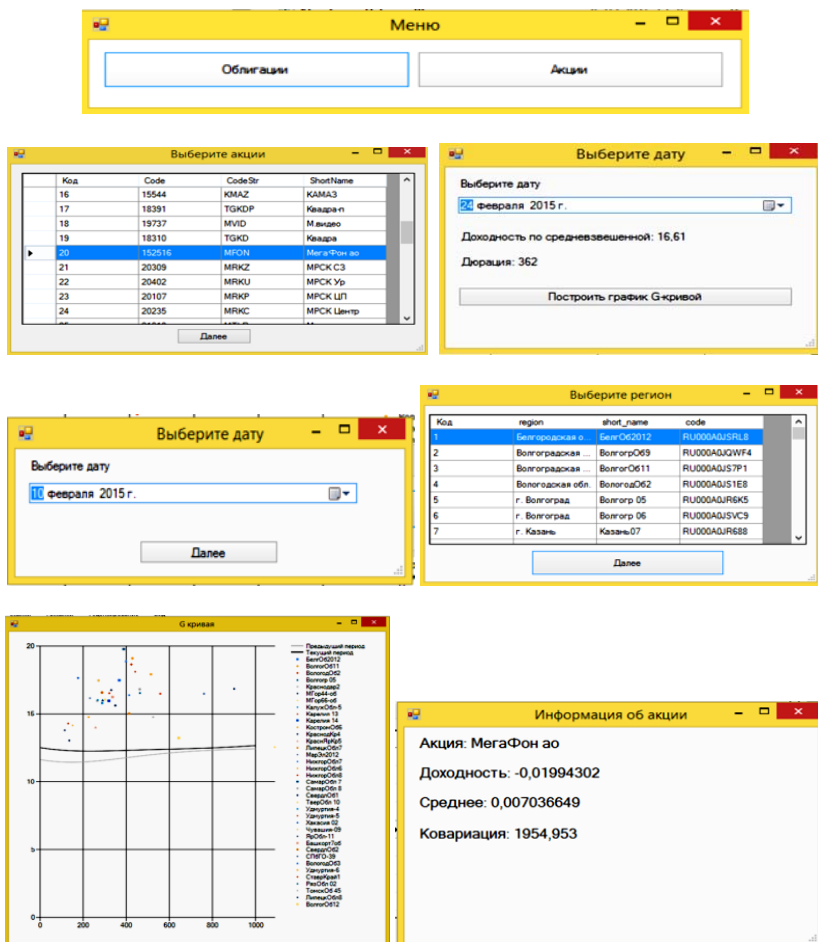


Рис. 1. Автоматизированная система выбора ценных бумаг

ЛИТЕРАТУРА

1. Гилёва Е.К., Щербакова А.Е. Автоматизация импорта данных результатов торгов муниципальных и корпоративных облигаций: Проект ГПО АСУ-1302 «Автоматизация импорта данных результатов торгов».
2. Финанс [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.finam.ru/analysis/profile041CA00007/>

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА «ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО РЕЖИМА НАЛОГООБЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЕЙ – СУБЪЕКТОВ МАЛОГО БИЗНЕСА»

А.Е. Щербакова, студентка каф. АСУ

Научный руководитель Е.Б. Грибанова, доцент каф. АСУ, к.т.н.

г. Томск, ТУСУР, scherbakova_anastasia@inbox.ru

При регистрации физического лица в качестве индивидуального предпринимателя (ИП) возникает необходимость выбора системы налогообложения, от которого будут зависеть величина налоговой нагрузки, а также временные и трудовые затраты на ведение учета и подготовку отчетности.

Выбор налогового режима предполагает две стадии:

- оценка целесообразности;
- оценка возможности.

Оценка целесообразности подразумевает расчет совокупной налоговой нагрузки при разных режимах налогообложения, проведение сравнительного анализа налоговых систем с учетом перспектив развития предпринимательской деятельности.

Оценка возможности заключается в том, чтобы установить, соответствует ли бизнес ИП тому формату, который требуется для применения той или иной системы налогообложения.

Выбор режима налогообложения для отдельного индивидуального предпринимателя – очень длительный и трудоемкий процесс.

Проектирование информационной системы «Выбор оптимального режима налогообложения индивидуальных предпринимателей – субъектов малого бизнеса» является решением данной проблемы. Разрабатываемая информационная система предназначена как и для налоговых консультантов, так и для самих индивидуальных предпринимателей.

Задачи ИС:

1. Рассчитать налоговую нагрузку для конкретного предпринимателя в условиях применения различных систем налогообложения.
2. Провести анализ полученных результатов.
3. Выбрать оптимальную налоговую систему.

Налоговое законодательство предоставляет предпринимателям следующие налоговые режимы:

1. Общий налоговый режим (ОПН), предусматривающий уплату всех налогов, установленных для действующей сферы деятельности.
2. Специальные налоговые режимы, включающие несколько систем налогообложения и способствующие стимулированию развития малого и среднего бизнеса.

К специальным налоговым режимам относят:

1. Упрощенную систему налогообложения (УСН).
2. Единый налог на вмененный доход (ЕНВД).
3. Единый сельскохозяйственный налог (ЕСХН).
4. Патентную систему налогообложения (ПСН).

Расчет налоговой нагрузки по упрощенной системе налогообложения ($N_{\text{усн}}$) рассчитывается по формуле (1), если в качестве объекта налогообложения выбраны доходы и по формуле (2), если объект налогообложения – доходы, уменьшенные на величину расходов.

$$N_{\text{усн}} = \text{доходы} \times 6\%, \quad (1)$$

$$N_{\text{усн}} = (\text{доходы} - \text{расходы}) \times 10\%. \quad (2)$$

Для расчета единого налога на вмененный доход используются несколько параметров.

1. Базовая доходность – условная месячная доходность в стоимостном выражении на ту или иную единицу физического показателя, характеризующего определенный вид предпринимательской деятельности в различных сопоставимых условиях, которая используется для расчета величины вмененного дохода.

2. Корректирующие коэффициенты базовой доходности – коэффициенты, показывающие степень влияния того или иного условия на результат предпринимательской деятельности, облагаемой единым налогом, а именно: K_1 – устанавливаемый на календарный год коэффициент-дефлятор; K_2 – корректирующий коэффициент базовой доходности, учитывающий совокупность особенностей ведения предпринимательской деятельности, в том числе ассортимент товаров (работ, услуг), сезонность, режим работы, величину доходов, особенности места ведения предпринимательской деятельности, площадь информационного поля электронных табло, площадь информационного поля наружной рекламы с любым способом нанесения изображения, площадь информационного поля наружной рекламы с автоматической сменой изображения, количество автобусов любых типов, трамваев, троллейбусов, легковых и грузовых автомобилей, прицепов, полуприцепов и прицепов-ропусков, речных судов, используемых для распространения и (или) размещения рекламы, и иные особенности.

Единый налог на вмененный доход ($N_{\text{снвд}}$) рассчитывается по формуле (3).

$$N_{\text{снвд}} = \text{базовая доходность} \times \text{физический показатель} \times K_1 \times K_2 \times 15\%. \quad (3)$$

При расчете налога по патентной системе ($N_{\text{п}}$) необходимо определить потенциально возможный к получению годовой доход индивидуального предпринимателя по соответствующему виду предпринимательской деятельности, установленный законом субъекта Российской Федерации (патент).

$$N_{\Pi} = \frac{\text{Патент}}{g} \times i \times 6\%, \quad (4)$$

где g – количество месяцев в году; i – количество месяцев на который взят патент.

В заключение отметим, что на данном этапе проектирования системы были изучены все особенности расчета каждого режима налогообложения. В качестве среды разработки выбрана кроссплатформенная свободная интегрированная среда разработки на языках C, C++ и QML, Qt Creator (ранее известная под кодовым названием Greenhouse).

ЛИТЕРАТУРА

1. Горфинкель В.Я., Швандара В.А. Малый бизнес. Организация, экономика, управление. М., 2012. 490 с.
2. Савичев О.П., Зискель Н.А., Трифонов С.В., Цапук А.И. Экономика и организация малого предпринимательства. М., 2010. 97 с.
3. ИП: Выбираем налоговый режим и уплачиваем налоги в 2013 году [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.pnalog.ru/material/ip-nalogovyy-rezhim-2013-god> (дата обращения: 15.01.2015).
4. Малое предпринимательство: проблемы развития и выбор налогового режима [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.moluch.ru/archive/52/6840/> (дата обращения: 21.01.2015).

РЕГРЕССИОННАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ СТОИМОСТИ КВАРТИР В ТОМСКЕ

А.М. Шакирзянова, студентка каф. АСУ

Научный руководитель Е.Б. Грибанова, доцент каф. АСУ, к.т.н.

г. Томск, ТУСУР, shakirzyanova.a@gmail.com

Современная рыночная модель экономики позволяет субъектам рынка владеть, распоряжаться и пользоваться объектами недвижимости. При этом участники рынка часто сталкиваются с задачей определения объективной оценки собственности. Такая оценка, в частности, необходима в следующих случаях: купля-продажа или сдача в аренду, страхование, кредитование под залог и т.д.

Данная работа посвящена разработке эконометрической регрессионной модели оценки рыночной стоимости объектов недвижимости с помощью сравнительного подхода, который является наиболее подходящим. Сравнительный подход – совокупность методов оценки стоимости объекта оценки, основанных на сравнении объекта оценки с объектами – аналогами объекта оценки, в отношении которых имеется информация о ценах.

Регрессионная модель. Первоначально необходимо выполнить отбор факторов модели (экзогенных переменных). В модель следует включать только сравнительно небольшое число основных факторов, находящихся в корреляционной связи с выбранным результирующим показателем. Также необходимо учесть возможность получения исходной статистической информации. При выделении факторов были использованы данные объявлений о продаже недвижимости, рекомендации риэлторов, приведенные на информационных порталах [1].

Для проведения исследований были проанализированы данные по оценке приватизируемых объектов недвижимости за 2014 г. в городе Томске. Данные были взяты из интернет-ресурсов, в которых размещены объявления о продаже квартир (например, [1]). На этом этапе в выборку вошло 220 объектов.

Для определения стоимости квартиры были отобраны следующие параметры:

- 1) количество комнат (X_1);
- 2) общая площадь жилья (X_2);
- 3) площадь жилых комнат жилья (X_3);
- 4) кухня (X_4);
- 5) этаж (X_5);
- 6) тип постройки: кирпич, панель, дерево (X_6);
- 7) наличие лоджии или балкона (X_7);
- 8) санузел: совмещенный, раздельный (X_8);
- 9) отделка квартиры: черновая, типовая, евроремонт (X_9);
- 10) район (X_{10}): Кировский (самый престижный, востребованный и соответственно самый дорогой на рынке недвижимости Томска), Советский, Ленинский, Октябрьский [2];
- 11) год постройки (X_{11}) [3];
- 12) средняя стоимость квадратного метра по району (X_{12}).

Для отбора факторов, которые будут входить в модель, был использован пошаговый метод отбора переменных. Метод включения состоит в последовательном добавлении в модель факторов до тех пор, пока скорректированный коэффициент детерминации не перестанет увеличиваться. В результате анализа для построения модели были отобраны переменные, влияние которых на значение результирующей переменной было наиболее существенным. Из первоначальных переменных таковыми оказались:

- 1) количество комнат;
- 2) общая площадь жилья;
- 3) площадь кухни;
- 4) отделка квартиры;
- 5) тип постройки;

- 6) жилая площадь;
- 7) средняя стоимость квадратного метра;
- 8) санузел;
- 9) этаж.

При построении модели и поиска неизвестных параметров использовалась функция Excel ЛИНЕЙН. Данная функция применялась к нормированным переменным, которые были получены в процессе устранения гетероскедастичности. В итоге модель выглядит следующим образом:

$$Y = 47,57X_1 + (-11,5)X_2 + 86,65X_3 + 74,31X_4 + 264,27X_5 + (-10,3)X_6 + 42,67X_7 + 21,88X_8 + 138,08X_9.$$

После построения модели необходимо оценить ее качество. Для этого используется коэффициент детерминации, который равен 0,998, что говорит о хороших показателях качества модели.

В качестве примера использования полученной модели была проведена оценка квартиры, находящейся по адресу ул. Ферганская, дом 65а, со следующими характеристиками:

- 1) стоимость объекта недвижимости – 1430 тыс. руб.;
- 2) количество комнат – 1;
- 3) общая площадь жилья – 24 кв. м;
- 4) площадь кухни – 5 кв. м;
- 5) отделка – евроремонт;
- 6) тип постройки – кирпичный;
- 7) средняя стоимость кв. м в зависимости от района – Ленинский;
- 8) жилая площадь – 15 кв. м;
- 9) санузел – совмещенный;
- 10) этаж – первый.

По указанным характеристикам рассчитываются значения регрессионных переменных $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9$ и подставляются в уравнение. Получаем значение 1556,52 тыс. руб.

Заключение. В ходе выполнения работы были собраны и обработаны данные объявлений о продаже квартир с разных интернет-ресурсов. Первоначально в выборку входило 12 переменных, но после использования метода главных компонент и проверки на мультиколлинеарность осталось десять переменных. Выборка была проверена на гетероскедастичность с последующим устранением вышесказанного явления.

Была построена модель и проверена на адекватность найденных параметров, а также использование полученной модели на реальном объекте.

Предполагается дальнейшее использование полученной регрессии при создании автоматизированной системы расчета стоимости недвижимости на основе сравнительного подхода.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Pingola* – недвижимость. URL: <http://tomsk.pingola.ru/realty/sale/kvartira>
2. *Единое* информационное пространство недвижимости. Обзор томского рынка квартир. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.eip.ru/main/view4965> свободный.
3. *Региональный фонд капитального ремонта многоквартирных домов Томской области* [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://kaprem.tomsk.ru/reg_programm/?ELEMENT_ID=211 свободный.
4. *Айвазян С.А., Мхитарян В.С.* Прикладная статистика и основы эконометрики: Учебник для вузов. М.: ЮНИТИ, 1998. 1005 с.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КОМПАНИИ ПО МИКРОКРЕДИТОВАНИЮ В ВИДЕ СИСТЕМЫ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

М.Г. Носова, доцент каф. ЭМИС, к.ф.-м.н.,

М.В. Тивякова, студент каф. ЭМИС

г. Томск, ТУСУР, mtivyakova@mail.ru

Модели и методы теории массового обслуживания широко применяются при математическом моделировании систем в различных областях, например связь, транспорт, промышленность, экономика, военное дело.

В работе предлагается применить модели и методы теории массового обслуживания для анализа процесса изменения численности клиентов компании по микрокредитованию, учитывая специфику данной области. Рассмотрим уже ставшую классической бесконечно-линейную систему массового обслуживания $M|M|_{\infty}$ с неограниченным числом обслуживающих приборов, с простейшим входящим потоком заявок и экспоненциальным временем обслуживания их на приборах [1, 2].

Система $M|M|_{\infty}$ является удобной математической моделью для описания социально-экономических процессов.

Указанную систему массового обслуживания можно рассматривать как математическую модель потока клиентов некоторой компании по микрокредитованию.

Деятельность компании по микрокредитованию можно охарактеризовать двумя случайными процессами: числом заключенных кредитных договоров $k(t)$ и капиталом компании $S(t)$. Будем считать, что потенциальный рынок кредитных услуг считается бесконечным.

Рассмотрим процесс изменения состояний случайных процессов $k(t)$ и $S(t)$ с течением времени t . Изменение числа кредитных договоров и значений капитала компании происходит в следующих случаях.

Компания по микрокредитованию заключает новый кредитный договор и выдает денежную сумму. Будем предполагать, что поток заключенных кредитных договоров – это простейший поток с параметром λ . Очевидно, что заключение кредитного договора и выдача денежной суммы связаны с риском для компании. Вероятность того, что за время Δt компания примет на себя новый риск, равна $\lambda \Delta t + 0(\Delta t)$. Каждый новый риск для компании связан с выдачей денежной суммы ϕ заемщику. Размер ϕ является случайной величиной с функцией распределения $F_\phi(x)$ и моментами $M\{\phi\}=a_1$, $M\{\phi^2\}=a_2$.

По каждому из k -заключенных кредитных договоров с интенсивностью λ_ξ выплачивается взнос по кредиту в размере ξ , который является случайной величиной с функцией распределения $F_\xi(x)$ и моментами $M\{\xi\}=b_1$, $M\{\xi^2\}=b_2$. Выплаты по процентам вносятся независимо друг от друга и поэтому за время Δt в компанию по микрокредитованию поступит такой взнос с вероятностью $k\lambda\Delta t + 0(\Delta t)$.

В какой-то момент срок кредитного договора заканчивается. Будем считать, что срок, на который заключается кредитный договор, является случайной величиной с функцией распределения $F(x) = 1 - e^{-\mu t}$.

Каждый кредитный договор расторгается и «покидает» компанию, независимо от срока действия других кредитных договоров, с интенсивностью μ . Тогда за время Δt кредитный договор «покидает» компанию с вероятностью $k\mu\Delta t + 0(\Delta t)$.

Будем предполагать, что с каждым кредитным договором может наступить случай невозврата кредита с интенсивностью ψ_η . Эти случаи для различных кредитных договоров независимы. С вероятностью $k\psi_\eta\Delta t + 0(\Delta t)$ наступают случаи невозврата кредита, где η – финансовые убытки компании. Размер η является случайной величиной с функцией распределения $F_\eta(x)$ и моментами $M\{\eta\}=c_1$, $M\{\eta^2\}=c_2$.

Определим $I(t)$ как случайный процесс, который характеризует число пришедших клиентов за время t , $i(t)$ – число выданных кредитов в момент времени t .

Очевидно, что капитал компании по микрокредитованию можно определить как:

$$S(t) = - \sum_{i=1}^{I(t)} \phi_i(t) + \sum_{i=1}^{i(t)} (\xi_i - \psi_\eta \eta_i).$$

Характеристическая функция [2] величины капитала имеет вид

$$H(\alpha, t) = M e^{-\alpha S(t)} = F(\phi(\alpha), \psi(\alpha), t),$$

$$H(\alpha, t) = e^{\mu \left(\frac{\lambda(\psi(\alpha)-1)(1-\varphi(\alpha)e^{-\mu t}) + \lambda(\varphi(\alpha)-1)(\frac{\psi(\alpha)-1}{\mu} + 1) \right)}, \quad (1)$$

где $\varphi(\alpha) = M e^{-\alpha(-\varphi_l)}$ – характеристическая функция величины $(-\varphi_l)$,
 $\psi(\alpha) = M^{-\alpha(\xi_i - \psi_{\eta}\eta_i)}$ – характеристическая функция величины $(\xi_i - \psi_{\eta}\eta_i)$, $F(x, y, t)$ – производящая функция двумерного процесса $\{l(t), i(t)\}$.

В работе показано, что производящая функция $F(x, y, t)$ двумерного процесса $\{l(t), i(t)\}$ в системе $M|M|\infty$ имеет вид

$$F(x, y, t) = e^{\mu \left(\frac{\lambda}{\mu}(y-1)(1-xe^{-\mu t}) + \lambda(x-1)\left(\frac{y-1}{\mu} + t\right) \right)}. \quad (2)$$

Учитывая выражения (1) и (2), получены основные вероятностные характеристики [3] капитала компании по микрокредитованию, имеющие вид

$$MS(t) = \frac{\lambda}{\mu}(1-e^{-\mu t})(b_1 - \psi_{\eta}c_1) - \lambda a_1 t,$$

$$DS(t) = \frac{\lambda}{\mu}(b_2 - \psi_{\eta}^2 c_2)(1-e^{-\mu t}) - 2\frac{\lambda}{\mu}a_1(b_1 - \psi_{\eta}c_1)(1-e^{-\mu t}) - \lambda a_2 t.$$

Таким образом, построена математическая модель изменения численности клиентов компании по микрокредитованию в виде системы массового обслуживания $M|M|\infty$. Исследованы основные вероятностные характеристики капитала компании.

ЛИТЕРАТУРА

1. Моисеев А.П., Сергеев А.Е. Математическая модель страховой компании в виде СМО с неограниченным числом обслуживающих приборов // Научное творчество молодежи: матер. XVI Всерос. науч.-практ. конф. (17–18 мая 2012 г.) [Электронный ресурс]. Электрон. дан. (5,3 Мб). Анжеро-Судженск, 2012. Ч. 1. С. 37–38 URL: <http://www.asf.ru/upload/sbornikNTM-2012-ch1.pdf> (дата обращения: 14.01.2015).
2. Назаров А.А., Тертузов А.Ф. Теория массового обслуживания: Учебное пособие. Томск: Изд-во НТЛ, 2004. 228 с.
3. Клейнрок Л. Теория массового обслуживания / Л.Клейнрок. М.: Книга по требованию, 2013. 429 с.

ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ИНВЕСТИЦИОННЫМ ПОРТФЕЛЕМ С КВАДРАТИЧНЫМ КРИТЕРИЕМ КАЧЕСТВА

А.Б. Золотов, студент ФИТ НИ ТГУ,

А.А. Мицель, профессор каф. АСУ

г. Томск, ТУСУР, maa@asu.tusur.ru

Развитие в России рыночных отношений способствовало созданию различных финансовых институтов, отличающихся друг от друга статусом, спецификой функционирования, социальной и экономической значимостью. К наиболее распространенным финансовым институтам в России относят банки, страховые и инвестиционные компании, негосударственные пенсионные фонды и т.п. В рамках данного исследования рассматривается инвестиционный портфель пенсионных накоплений негосударственного пенсионного фонда (НПФ) как одного из важнейших социальных финансовых институтов, задействованных в системе пенсионного обеспечения России наряду с Пенсионным фондом Российской Федерации и управляющими компаниями. В работе [1] предложена модель управления портфелем с линейным критерием качества. В данной работе рассматривается модель с квадратичным критерием. В работе [2] рассматривается задача управления портфелем по квадратичному критерию при ограничениях на управление. При этом в портфеле безрисковые бумаги представлены в виде одного актива. В отличие от работы [2] в нашей модели рассматривается портфель с безрисковым подпортфелем.

Описание модели. В рамках условий задачи [1] сформулируем задачу управления портфелем пенсионных накоплений с квадратичным критерием качества:

$$J = M \left\{ \sum_{t=1}^{T-1} z^T(t) C^T C z(t) + \sum_{t=0}^{T-1} \left(-b^T(t) \cdot u(t) + u^T(t) \Omega(t) u(t) \right) + \right. \\ \left. + z^T(T) C^T C z(T) \right\} \rightarrow \min_{u(t)}, \quad (1)$$

$$z(t+1) = \left(A_0(t) + \sum_{j=1}^n A_j(t) w_j(t) \right) z(t) + \left(B_0(t) + \sum_{j=1}^n B_j(t) w_j(t) \right) u(t), \quad (2)$$

$$\begin{cases} CHz(t) \leq Cz(t), \\ CFz(t) = Cz(t), \end{cases} \quad (3)$$

$$\begin{cases} Ez(t) + EYu(t) \leq XV^0(t), \\ z(t) + Yu(t) \geq 0. \end{cases} \quad t = 0, \dots, T-1. \quad (4)$$

В формулах (1)–(4) введены следующие обозначения:

$z(t) = (V_1'', \dots, V_n'', V_1', \dots, V', V^0(t))^T$ – вектор объемов вложений в рискованные V_i'' и безрисковые ценные бумаги; $V^0(t)$ – объем вложений в эталонный портфель; $b(t) = (\mu_1(t), \dots, \mu_n(t), v_1(t), \dots, v_k(t))^T$ – вектор доходностей рискованных и безрисковых бумаг; $C = (1, 1, \dots, 1, -1) \in R^{n+k+1}$;

$\Omega(t)$ – блочная матрица вида $\Omega(t) = \begin{pmatrix} \Sigma(t) & O \\ O & O \end{pmatrix}$, где $\Omega(t)$ – матрица ковариации доходностей рискованных активов размерности $n \times n$, O – нулевая матрица размерности $k \times k$; $A_0(t) = \text{diag}(1 + \mu_1(t), \dots, 1 + \mu_n(t), 1 + v_1(t), \dots, 1 + v_k(t), 1 + \mu^0(t))$;

$$A_j(t) = \text{diag}(\sigma_{1j}(t), \dots, \sigma_{nj}(t), 0, \dots, 0, 0); \sigma = \Sigma^{1/2};$$

$B_0(t)$, $B_j(t)$ – составные матрицы размерности $(n+k+1) \times (n+k)$;

$$B_0(t) = \begin{pmatrix} A_0(t) \\ 0 \end{pmatrix}; B_j(t) = \begin{pmatrix} A_j(t) \\ 0 \end{pmatrix}. \text{ Последняя строка матриц } B_0(t),$$

$B_j(t)$ состоит из нулей [1].

Итак, имеем задачу оптимального управления, в которой уравнение состояния описывается многошаговым процессом (2), а функционал качества – выражением (1). Управление задается вектором $u(t)$. Задача решается при ограничениях (3), (4). Первое ограничение связано с объемом вложений в рискованный подпортфель, второе ограничение связано с иммунизацией безрискового подпортфеля, третье ограничение – с объемом вложений в отдельные виды бумаг, четвертое – с запретом продажи без покрытия. Обозначения даны в работе [1].

Предложенная модель относится к классу моделей динамического программирования, которая может быть приведена к эквивалентной задаче квадратичного программирования.

Результаты моделирования. Данная модель была протестирована на основе ретроспективных данных [3–5]. В портфель пенсионных накоплений были взяты акции ОАО «Банк ВТБ», ОАО «Интер РАО», ОАО «ФСК ЕЭС» и ОАО «Федеральная гидрогенерирующая компания – РусГидро», и облигации ПАО АКБ «Связь Банк», облигация Самарской области и облигация общего федерального займа выпуска 25075. Ставка доходности эталонного портфеля была взята за 1% в месяц, горизонт прогнозирования равен 4 месяцам (рис. 1).

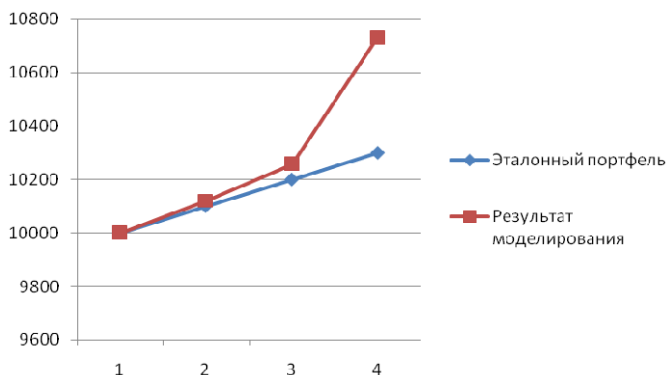


Рис. 1. Результаты моделирования

ЛИТЕРАТУРА

1. Рекундадь О.И., Мицель А.А., Золтое А.Б. Динамическая модель управления инвестиционным портфелем пенсионных накоплений // Электронный научный журнал «Современные проблемы науки и образования». 2015. № 1. 11 с. URL: <http://www.science-education.ru>
2. Домбровский В.В. Управление с прогнозированием системами со случайными параметрами и мультипликативными шумами и применение к оптимизации инвестиционного портфеля / В.В. Домбровский, Д.В. Домбровский, Е.А. Ляшенко // Автоматика и телемеханика. 2006. № 4. С. 84–97.
3. URL: <http://www.cbonds.ru> (дата обращения: 10.10.14).
4. URL: <http://www.finam.ru> (дата обращения: 10.10.14).
5. URL: <http://www.mixes.ru> (дата обращения: 10.10.14).

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 16

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ

Председатель секции – *Ходашинский И.А.*, проф. каф. КИБЭВС, д.т.н.;

зам. председателя – *Евсютин О.О.*, доцент каф. КИБЭВС, к.т.н.

А.Е. Анфилофьев

ПРИМЕНЕНИЕ СОРНЯКОВОГО АЛГОРИТМА ОПТИМИЗАЦИИ
ДЛЯ НАХОЖДЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ
ДИСКРЕТНОГО КОСИНУСНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ
ПРИ ВСТРАИВАНИИ ИНФОРМАЦИИ В ИЗОБРАЖЕНИЯ 13

М.Б. Бардамова

ГРАВИТАЦИОННЫЙ АЛГОРИТМ ОПТИМИЗАЦИИ
ПАРАМЕТРОВ НЕЧЕТКОГО АППРОКСИМАТОРА 16

А.В. Боровков

КОДИРОВАНИЕ ИНТУИЦИОНИСТСКИХ НЕЧЕТКИХ
МНОЖЕСТВ ДЛЯ ЗАПИСИ В ВИДЕ ЧИСЛОВОГО ВЕКТОРА 18

С.А. Черепанов

РЕКУРРЕНТНЫЙ МЕТОД НАИМЕНЬШИХ КВАДРАТОВ
КАК СРЕДСТВО ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ
НЕЧЕТКИХ СИСТЕМ ТИПА СИНГЛТОН 20

И.В. Горбунов

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕЧЕТКОЙ
СИСТЕМЫ ТИПА СИНГЛТОН С ОДИНОЧНЫМИ ТЕРМАМИ 24

К.А. Костин

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОСВЕЩЕННОСТИ
НА КЛАССИФИКАЦИЮ ТЕКСТУР НА ОСНОВЕ
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕКСТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК 27

В.С. Ковалев

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ НЕЧЕТКОГО
АППРОКСИМАТОРА АЛГОРИТМОМ ПРЫГАЮЩИХ ЛЯГУШЕК 30

М.А. Мех

ОПТИМИЗАЦИЯ НЕЧЕТКИХ СИСТЕМ С ПОМОЩЬЮ
АЛГОРИТМА ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ЭВОЛЮЦИИ 33

Д.О. Бондаренко, А.В. Ращупкина

АЛГОРИТМ НЕПРЕРЫВНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
КЛЕТОЧНОГО АВТОМАТА С МОДИФИЦИРОВАННЫМ
АЛФАВИТОМ ВНУТРЕННИХ СОСТОЯНИЙ 35

О.К. Сонич

ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМА «ВЕЛИКИЙ ПОТОП»
ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ НЕЧЕТКОЙ СИСТЕМЫ 38

С.Р. Субханкулова

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ НЕЧЕТКИХ АППРОКСИМАТОРОВ
И КЛАССИФИКАТОРОВ С ПОМОЩЬЮ АЛГОРИТМА
«МИННЫЙ ВЗРЫВ» 41

Д.Н. Тимофеев, А.В. Романов РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ АНАЛИЗА СОСТОЯНИЯ ВОДИТЕЛЯ НА ОСНОВЕ ОБРАБОТКИ ВИДЕО.....	43
Е.Н. Тиунова МЕТОД ОПТИМИЗАЦИИ «ЛАСТОЧКИН ПОИСК»	45
Д.В. Захаров ФОРМАЛИЗАЦИЯ НЕКОТОРЫХ ЭМПИРИЧЕСКИХ МЕТОДОВ РЕШЕНИЯ ЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ.....	49

СЕКЦИЯ 17

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

<i>Председатель секции – Давыдова Е.М., декан ФБ, зам. зав. каф. КИБЭВС по УР, к.т.н.; зам. председателя – Зыков Д.Д., доцент каф. КИБЭВС, зам. директора НОЦ «Нанотехнологии», к.т.н.</i>	
М.О. Абрамов, А.О. Нестеров АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР МЕТОДОВ ВЫДЕЛЕНИЯ ДВИЖУЩЕГОСЯ ЧЕЛОВЕКА НА ПОТОКЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ	52
А.В. Алешков, Н.А. Шумилин РАЗРАБОТКА РОБОТА-ЗМЕИ	55
М.М. Антонов ПОСТРОЕНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ ПОКАЗАНИЙ СЧЕТЧИКОВ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОММЕРЧЕСКОГО УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ.....	57
В.А. Бахарев УПРАВЛЕНИЕ ТРАНСПОРТНЫМ УЗЛОМ УСТАНОВКИ ХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ	60
К.И. Чугаевский ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС УПРАВЛЕНИЯ УСТАНОВКОЙ ХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ	62
А.А. Габдрафиков, Е.Д. Демидова, Н.А. Шумилин РАЗРАБОТКА 3D-ПРИНТЕРА	64
Е.В. Ивашко, О.П. Мусиенко ОБРАБОТКА ПОТОКА ИЗОБРАЖЕНИЙ С ЦЕЛЬЮ ВЫДЕЛЕНИЯ ОБЪЕКТА	66
Р.В. Коновалов, А.А. Петрушина РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО СЕКРЕТАРИАТА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ СОРЕВНОВАНИЙ.....	69
К.В. Левин, О.В. Пехов ОРИЕНТИРУЮЩИЙСЯ В ПРОСТРАНСТВЕ ШАГАЮЩИЙ РОБОТ	71
И.А. Лысенко МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОТОЛИТОГРАФИИ В ПРОГРАММНОМ ПАКЕТЕ SILVACO TCAD	74

В.И. Маковкин АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА РЕЗЕРВУАРНОГО ПАРКА	77
А.М. Машуков АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ MES	79
Р.А. Мухамадеев РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ВИЗУАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ И МОНОЛИТНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ	82
Л.А. Патрашану МОДЕЛИРОВАНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО СВЕТОДИОДА В ПРОГРАММНОМ ПАКЕТЕ SILVACO TCAD	84
К.Б. Петров РЕЕСТР ОШИБОК В ПРОЦЕССЕ РАЗРАБОТКИ ПО ДЛЯ МК ФИРМЫ "МИЛАНДР"	87
Я.Н. Подскарбий ДЕФИБРИЛЛЯТОР ДЛЯ НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ КАРДИОВЕРСИИ	89
А.И. Радостев ПУЛЬТ УПРАВЛЕНИЯ УСТАНОВКОЙ ОБРАБОТКИ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ	92
А.С. Семёнов АЛГОРИТМ ДИСКРИМИНАЦИИ АРИТМИИ ИМПЛАНТИРУЕМОГО КАРДИОВЕРТЕРА-ДЕФИБРИЛЛЯТОРА	94
Д.Р. Уразаев, С.В. Красильников АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ МЕТАНОВОГО ТУРБОАГРЕГАТА М-2	97
П.К. Звезглянич АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ ДЛЯ КУСТОВ СКВАЖИН НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ	98

СЕКЦИЯ 18

МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ. ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

*Председатель секции – Шелупанов А.А., ректор ТУСУРА,
директор Института системной интеграции и безопасности,
председатель правления Томского профессорского собрания, д.т.н., проф.;
зам. председателя – Конев А.А., доцент каф. КИБЭВС, к.т.н.*

Л.И. Алексеева, О.П. Маркова ФИНАНСОВЫЕ МОШЕННИЧЕСТВА С БАНКОВСКИМИ КАРТАМИ .	101
---	-----

Д.А. Антипов	
АНАЛИЗ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАДИОЧАСТОТ В РАМКАХ ЗАДАЧ ЗАЩИТЫ ПЭМИ ОТ ПЕРЕХВАТА	103
А.С. Белов	
КРИПТОГРАФИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ СПЕЦИАЛЬНЫХ КАНАЛОВ СВЯЗИ	105
Д.О. Бондаренко, А.В. Ращупкина	
МОДЕЛЬ БЕЗОПАСНОСТИ ЛОКАЛЬНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ КАФЕДРЫ НА ОСНОВЕ ТЕМАТИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ.....	108
И.В. Ботнарченко, Е.Ю. Костюченко	
ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ НА ОСНОВЕ ЕГО КЛАВИАТУРНОГО ПОЧЕРКА	111
А.Н. Будников	
ПРОБЛЕМА ВЫБОРА ФОРМАЛЬНОГО МЕТОДА АНАЛИЗА НАДЁЖНОСТИ АЛГОРИТМОВ ЭЛЕКТРОННОГО ГОЛОСОВАНИЯ	114
В.С. Булатников	
ПОСТРОЕНИЕ ГРАФОВОЙ МОДЕЛИ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ.....	117
С.Ю. Дикусар	
ИССЛЕДОВАНИЕ И ЗАЩИТА ТЕЛЕФОННОЙ ЛИНИИ КАК КАНАЛА УТЕЧКИ ИНФОРМАЦИИ	118
А.В. Егорова	
ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЗАЩИТЫ ГИДРОАКУСТИЧЕСКОГО КАНАЛА СВЯЗИ	119
Н.С. Егошин	
АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК ЗВУКОВЫХ ЕДИНИЦ.....	122
Я.А. Голеусов	
О КОРРЕКЦИИ ОШИБОК ВВОДА ПРИ БИОМЕТРИЧЕСКОЙ АУТЕНТИФИКАЦИИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ	124
М.А. Гураков, Е.О. Кривоносов, Е.Ю. Костюченко	
АУТЕНТИФИКАЦИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ ПО ДИНАМИКЕ ПОДПИСИ НА ОСНОВЕ ИНТЕГРАЦИИ НЕЙРОННОЙ СЕТИ И НАИВНОГО КЛАССИФИКАТОРА БАЙЕСА.....	127
М.А. Гураков	
АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КЛАССИФИКАЦИИ СЕТЕВЫХ И КОМПЬЮТЕРНЫХ АТАК НА ОСНОВЕ ТАКСОНОМИИ ХЭНСМЕНА–ХАНТА	130
Т.Е. Хавронина	
АЛГОРИТМ АУТЕНТИФИКАЦИИ КАНАЛА ПЕРЕДАЧИ ТЕЛЕКОМАНД ПО СТАНДАРТУ ESA.....	132
М.О. Калмыков, Е.В. Рассказов	
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ СЕТЕВЫХ ПРОТОКОЛОВ АУТЕНТИФИКАЦИИ	135

Р.В. Коновалов	
РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ САМООЦЕНКИ СООТВЕТСТВИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ООО «ГАЗПРОМ ТРАНСГАЗ ТОМСК» ПО ТРЕБОВАНИЯМ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ В ОБЛАСТИ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ	138
А.В. Косьянов	
ОБЪЕДИНЕНИЕ ЛОКАЛЬНЫХ СЕТЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КРИПТОГРАФИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ.....	140
А.В. Котенко	
АТТЕСТАЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПО ТРЕБОВАНИЯМ БЕЗОПАСНОСТИ ИНФОРМАЦИИ.....	143
Д.Р. Котенко	
ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ И ТЕХНОЛОГИЙ АУТЕНТИФИКАЦИИ В КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМАХ.....	146
А.А. Загородников, С.В. Козлов	
МОДЕЛЬ ПОДСИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ ОБЪЕКТА ИНФОРМАТИЗАЦИИ	149
Я.К. Кротов	
УСИЛЕНИЕ МЕР ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В УФС ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ, ФИЛИАЛЕ ФГУП «ПОЧТА РОССИИ»	153
И.С. Куренков	
ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА «СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ»	155
М.С. Лузин, А.Г. Рыжкова	
КРИПТОМЕССЕНДЖЕР С МОДУЛЬНОЙ АРХИТЕКТУРОЙ.....	158
М.А. Маркова, А.О. Барановская	
АКУСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОРГАНА СЛУХА И ГОЛОСОВОЙ СИСТЕМЫ	160
М.А. Мельников	
СИСТЕМА ЗАЩИТЫ ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПЕРСОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ «КОММЕРЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ОБЪЕКТОВ ПОЧТОВОЙ СВЯЗИ» УФС ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ, ФИЛИАЛА ФГУП «ПОЧТА РОССИИ».....	163
Н.С. Михайлов	
КЛЮЧЕВЫЕ НОСИТЕЛИ С КРИПТОГРАФИЕЙ «НА БОРТУ».....	166
А.В. Моргуненко	
РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕНИЯ КОМПЬЮТЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ЭКСПЕРТИЗ	168
Д.С. Никифоров	
МЕХАНИЗМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СЕРВЕРА СБОРА ДАННЫХ С УСТРОЙСТВОМ СБОРА И ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В СИСТЕМЕ КОММЕРЧЕСКОГО УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ.....	170

А.К. Новохрестов	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СРЕДСТВ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ ПРИ ОЦЕНКЕ ЗАЩИЩЕННОСТИ КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ	172
Т.А. Саламатова	
О ПРИМЕНЕНИИ КОЭВОЛЮЦИОННОГО ПОДХОДА В ЗАДАЧЕ ОБНАРУЖЕНИЯ ИНЦИДЕНТОВ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ	174
Е.Д. Семенова	
ТЕХНИЧЕСКАЯ ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ В ПОМЕЩЕНИИ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПЕРЕГОВОРОВ	177
Ю.В. Шаблия, Д.В. Кручинин	
ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ СРАВНЕНИЯ КРИТЕРИЕВ ПРОСТОТЫ НАТУРАЛЬНОГО ЧИСЛА	179
И.И. Шепелев	
РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМА СТЕГАНОГРАФИЧЕСКОГО ВСТРАИВАНИЯ ИНФОРМАЦИИ В СЖАТЫЕ ЦИФРОВЫЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ	182
Д.С. Терентьев	
ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ СТЕНДОВ ПО ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЮ	184
В.В. Терлеев, Б.И. Ефимов	
СОЗДАНИЕ ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА АНАЛИЗА СИСТЕМ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕОРИИ ГРАФОВ	188
К.А. Толкачева, Т.А. Шевцова	
МОШЕННИЧЕСТВО НА РЫНКЕ ФИНАНСОВЫХ УСЛУГ	190
Е.В. Воронко	
УСТРОЙСТВО ХРАНЕНИЯ ПАРОЛЕЙ С ИДЕНТИФИКАЦИЕЙ ВЛАДЕЛЬЦА ПО ОТПЕЧАТКУ ПАЛЬЦА	192
А.Ю. Якимук	
ИССЛЕДОВАНИЕ НАДЁЖНОСТИ ДЕТЕКТОРА ЧАСТОТЫ ОСНОВНОГО ТОНА ГОЛОСОВОГО СИГНАЛА	194
А.А. Загородников, С.В. Козлов	
МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ	196

СЕКЦИЯ 19

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ТЕХНИКЕ И ЭКОНОМИКЕ

Председатель секции – Мицель А.А., проф. каф. АСУ, д.т.н.;
зам. председателя – Зариковская Н.В., доцент каф. ЭМИС, к.ф.-м.н.

ПОДСЕКЦИЯ 19.1

МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЕСТЕСТВЕННЫХ И ТЕХНИЧЕСКИХ НАУКАХ

Председатель секции – Зариковская Н.В., доцент каф. ЭМИС, к.ф.-м.н.;
зам. председателя – Колотаев И.В., разработчик ООО «Элекард-Мед»

К.Ф. Аджаханов, М.А. Шипуля, А.А. Луговской МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ХИМИЧЕСКИ НЕВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИХ ПАРОВ H ₂ O, ЗАКЛЮЧЕННЫХ В ПОЛОСТИ НАНОРАЗМЕРНЫХ КРЕМНИЕВЫХ ПОР SiO ₂	199
Н.В. Автомонов СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ ПОКАЗАНИЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ДАТЧИКОВ	202
М.Р. Чеботарёва АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦ СТАДИЙ ЗАВИСИМОСТИ НАПРЯЖЕНИЕ – ДЕФОРМАЦИЯ НА ПРИМЕРЕ ОБРАЗЦОВ ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО АЛЮМИНИЯ	203
В.Д. Дергачёв, А.И. Петров, И.Д. Дергачёв АНАЛИТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОПРЕДЕЛЕНИЮ КОНСТАНТ УСТОЙЧИВОСТИ ИЗ ДАННЫХ UV-VIS СПЕКТРОСКОПИИ	206
М.А. Пономарёва, М.П. Филина НЕПРЯМОЙ МЕТОД ГРАНИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕЧЕНИЯ СТЕПЕННОЙ ЖИДКОСТИ В КАВЕРНЕ	208
А.А. Головнина, П.П. Ткачев ОЦЕНИВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ЗАТУХАНИЯ АКУСТИЧЕСКОЙ ВОЛНЫ РАСПРОСТРАНЯЮЩЕГОСЯ В ТУРБУЛЕНТНОМ ПОТОКЕ ПРОТЯЖЕННОГО ТРУБОПРОВОДА.....	211
А.С. Карагодин, П.П. Ткачев, А.А. Головнина АППРОКСИМАЦИЯ НАПОРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ.....	214
С.В. Конончук, К.Н. Оширов, Р.Р. Рахматов, М.С. Рыбаков, Р.А. Чернов УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЁТОМ КВАДРОКОПТЕРА ПО GPS-КООРДИНАТАМ	217
Я.В. Костелей ВИЗУАЛИЗАЦИЯ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ДАННЫХ	218
Я.В. Костелей КОМПЛЕКСНАЯ ОБРАБОТКА АСТРОНОМИЧЕСКИХ ДАННЫХ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ БАЗЫ ДАННЫХ	221
И.С. Кожжевников, С.И. Яковченко, Е.Е. Есимхан, К.В. Курьянович СТАТИСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДВУХСЛОЙНОЙ ОБЛАЧНОСТИ И ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ПО ДАННЫМ MODIS.....	224
К.А. Куприна ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СЕТИ ПУТЕМ ОПТИМАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ.....	227

Ю.С. Ломаев	
АЛГОРИТМЫ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИХ ДАННЫХ	229
И.А. Маринушкина, С.А. Хруль	
РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ МЕЖЛАБОРАТОРНЫХ СЛИЧЕНИЙ	232
М.Ф. Молокова	
ДИНАМИКА РОБОТА-МАНИПУЛЯТОРА.....	235
Е.В. Мыльникова	
ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ МОДЕЛИ ФЕРХЮЛЬСТА В УСЛОВИЯХ СЛУЧАЙНЫХ ПОМЕХ ПО ПАРАМЕТРУ	236
А.В. Навесов	
ВЛИЯНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ ГЭС НА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ.....	238
Нгуен Бао Хынг	
МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕНЕРАЦИИ ПЛАЗМЫ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ В ПОЛОМ КАТОДЕ ПРИ АЗОТИРОВАНИИ ДЕТАЛЕЙ.....	241
Д.А. Ортеней, Д.П. Аргунов, Н.А. Трёмбовецкий	
МОДУЛЬ ТРЕХМЕРНОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕНЗОРА ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДИСТОРСИИ ПО ПОВЕРХНОСТИ ОБРАЗЦА.....	244
Л.Е. Песков	
МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЙ (АНИМАЦИИ) СЛОЖНОГО БИОЛОГИЧЕСКОГО ВИДА С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА СКЕЛЕТНОЙ АНИМАЦИИ.....	247
М.А. Пичугова	
ОПТИМАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ МЕЖДУ ТЭС И ГЭС.....	249
М.Д. Пудалов, А.А. Голубева, Н.М. Яркова	
ПРОБЛЕМЫ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ДВУМЕРНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПОСТРОЕНИЙ В УГОЛЬНОЙ ГЕОЛОГИИ.....	252
И.В. Щербаков	
МОДЕЛЬ ЭВОЛЮЦИИ НДС ПРИ НЕУПРУГОМ ДЕФОРМИРОВАНИИ И РАЗРУШЕНИИ ТВЕРДЫХ ТЕЛ.....	255
А.К. Старков	
ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ УДАЛЕНИЯ МОНОТОННОГО ШУМА ИЗ ЗВУКОРЯДА ДЫХАНИЯ И СЕРДЦЕБИЕНИЯ.....	257
П.П. Ткачев, А.А. Головнина, А.С. Карагодин	
ОЦЕНИВАНИЕ МОЩНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НАСОСНОГО АГРЕГАТА.....	259
С.Б. Турсынханов, А.А. Кулешов	
ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ В ГИБРИДНОЙ СИСТЕМЕ МОНИТОРИНГА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ.....	262

ПОДСЕКЦИЯ 19.2

МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЭКОНОМИКЕ

*Председатель секции – Мицель А.А., проф. каф. АСУ, д.т.н.;
зам. председателя – Кузьмина Е.А., доцент каф. АСУ, к.т.н.*

А.Т. Аспембитова

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ ОПИСАНИЯ
ФИНАНСОВЫХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ ARCH И PUCK 265

К.О. Атенко

ПЛАНИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ
АССОРТИМЕНТА ПРОДУКЦИИ КОНДИТЕРСКОГО ЦЕХА 267

Б.Ю. Бутуханов, Т.А. Розалева, К.С. Ерофеева

ОБЗОР ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ
БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ 270

Н.Д. Дубина

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА УПРАВЛЕНИЯ ВЫВОДОМ
НА ЗАДАННОЕ МНОГООБРАЗИЕ МОДЕЛИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ 272

А.А. Горбатов, В.С. Колпаков, П.А. Чудин, О.А. Анисимова

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СЕТЕВОЙ ТОРГОВЛИ 275

М.А. Хлестунов

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОГНОСТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
ШАБЛОННЫХ МОДЕЛЕЙ 277

А.И. Медяник

ВЫБОР ИНСТРУМЕНТОВ ПРОДВИЖЕНИЯ ПРОГРАММНОГО
ПРОДУКТА В СЕТИ ИНТЕРНЕТ 279

О.И. Рекундаль, Е.К. Гилёва

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ВЫБОРА ОБЛИГАЦИЙ
НА ОСНОВании G-КРИВОЙ 282

А.Е. Щербакова

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА «ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО
РЕЖИМА НАЛОГООБЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ
ПРЕДПРИНИМАТЕЛЕЙ – СУБЪЕКТОВ МАЛОГО БИЗНЕСА» 284

А.М. Шакирзянова

РЕГРЕССИОННАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ СТОИМОСТИ КВАРТИР
В ТОМСКЕ 286

М.Г. Носова, М.В. Тивякова

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КОМПАНИИ ПО
МИКРОКРЕДИТОВАНИЮ В ВИДЕ СИСТЕМЫ МАССОВОГО
ОБСЛУЖИВАНИЯ 289

А.Б. Золотов, А.А. Мицель

ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ИНВЕСТИЦИОННЫМ
ПОРТФЕЛЕМ С КВАДРАТИЧНЫМ КРИТЕРИЕМ КАЧЕСТВА 292

Научное издание

**Материалы
Всероссийской научно-технической конференции
студентов, аспирантов и молодых ученых
«Научная сессия ТУСУР–2015»**

13–15 мая 2015 г., г. Томск

В пяти частях

Часть 4

Корректор – **В.Г. Лихачева**
Верстка **В.М. Бочкаревой**

Издательство «В-Спектр».
Сдано на верстку 01.04.2015. Подписано к печати 30.04.2015.
Формат 60×84¹/₁₆. Печать трафаретная. Печ. л. 19.
Тираж 500 экз. Заказ 15.

Тираж отпечатан ИП Бочкаревой В.М.
ИНН 701701817754
634055, г. Томск, пр. Академический, 13-24, т. 49-09-91
E-mail: bvm@sibmail.com