



Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

 РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ  
ФАКУЛЬТЕТ

 РАДИОКОНСТРУКТОРСКИЙ  
ФАКУЛЬТЕТ

 ФАКУЛЬТЕТ  
ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ

 ФАКУЛЬТЕТ  
СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

 ФАКУЛЬТЕТ  
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

 ГУМАНИТАРНЫЙ  
ФАКУЛЬТЕТ

 ФАКУЛЬТЕТ  
БЕЗОПАСНОСТИ

 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ  
ФАКУЛЬТЕТ

 ФАКУЛЬТЕТ  
ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

 ЮРИДИЧЕСКИЙ  
ФАКУЛЬТЕТ

 ЗАОЧНЫЙ И ВЕЧЕРНИЙ  
ФАКУЛЬТЕТ

 ФАКУЛЬТЕТ  
ДИСТАНЦИОННОГО  
ОБУЧЕНИЯ

**ВЫБИРАЙ БУДУЩЕЕ,  
ВЫБИРАЙ ТУСУР!**

634050, г. Томск, пр. Ленина, 40, каб. 129 E-mail: [onir@main.tusur.ru](mailto:onir@main.tusur.ru)  
Телефон/Факс: (3822) 900-100 Сайт: <http://tusur.ru/>

Информационный центр абитуриента: [abiturient.tusur.ru](http://abiturient.tusur.ru)



**TUSUR**

# НАУЧНАЯ СЕССИЯ ТУСУР-2017

Посвящена 55-летию ТУСУРа



**МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ  
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ  
СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ  
И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ**

10–12 мая 2017 г. (в восьми частях)

**Часть 4**

**г. Томск**

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

# **НАУЧНАЯ СЕССИЯ ТУСУР–2017**

**Материалы**  
**Международной научно-технической конференции**  
**студентов, аспирантов и молодых ученых**  
**«Научная сессия ТУСУР–2017»,**  
**посвященной 55-летию ТУСУРа**

**10–12 мая 2017 г., г. Томск**

**В восьми частях**

Часть 4

В-Спектр  
2017

**УДК 621.37/.39+681.518 (063)**

**ББК 32.84я431+32.988я431**

**Н 34**

**Н 34 Научная сессия ТУСУР–2017:** материалы Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 55-летию ТУСУРа, Томск, 10–12 мая 2017 г.: в 8 частях. – Томск: В-Спектр, 2017 – Ч. 4. – 256 с.

ISBN 978-5-91191-353-3

ISBN 978-5-91191-357-1 (Ч. 4)

Материалы Международной 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

**ISBN 978-5-91191-353-3**

**ISBN 978-5-91191-357-1 (Ч. 4)**

© Том. гос. ун-т систем управления  
и радиоэлектроники, 2017

**Международная  
научно-техническая конференция  
студентов, аспирантов и молодых ученых  
«Научная сессия ТУСУР–2017»,  
посвященная 55-летию ТУСУРа  
10–12 мая 2017 г.**

**ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ**

- Шелупанов А.А. – председатель Программного комитета, ректор ТУСУРа, директор Института системной интеграции и безопасности, председатель правления Томского профессорского собрания, проф., д.т.н.;
- Мещеряков Р.В. – заместитель председателя Программного комитета, проректор по научной работе и инновациям ТУСУРа, зав. каф. БИС, проф., д.т.н.;
- Агеев Е.Ю., начальник научного управления, к.и.н.;
- Бабур-Карателли Г.П., к.т.н., PhD (TU Delft), научный сотрудник каф. ТОР ТУСУРа;
- Беляев Б.А., зав. лаб. электродинамики и СВЧ-электроники Ин-та физики СО РАН, д.т.н., г. Красноярск;
- Васильковская Н.Б., доцент каф. экономики, к.э.н.;
- Голиков А.М., доцент каф. РТС, к.т.н.;
- Грик Н.А., зав. каф. ИСР, проф., д.и.н.;
- Давыдова Е.М., декан ФБ, доцент каф. КИБЭВС, к.т.н.;
- Демидов А.Я., зав. каф. ТОР, доцент, к.ф.-м.н.;
- Дмитриев В.М., зав. каф. МиСА, проф., д.т.н.;
- Дробот П.Н., доцент каф. УИ, к.ф.-м.н.;
- Еханин С.Г., проф. каф. КУДР, доцент, д.ф.-м.н.;
- Заболоцкий А.М., доцент каф. ТУ, к.т.н.;
- Зариковская Н.В., доцент каф. ЭМИС, к.ф.-м.н.;
- Исакова А.И., доцент каф. АСУ, доцент, к.т.н.;
- Карателли Д., PhD (Sapienza University of Rome), технический директор компании «The Antenna Company Nederland B.V.»;
- Карташев А.Г., проф. каф. РЭТЭМ, д.б.н.;
- Катаев М.Ю., проф. каф. АСУ, д.т.н.;
- Коцубинский В.П., зам. зав. каф. КСУП, доцент каф. КСУП, к.т.н.;
- Лоцилов А.Г., зав. каф. КУДР, начальник СКБ «Смена» ТУСУРа, к.т.н.;
- Лукин В.П., зав. лаб. когерентной и адаптивной оптики ИОА СО РАН, почетный член Американского оптического общества, д.ф.-м.н., проф., г. Томск;
- Малюк А.А., проф. каф. «Кибербезопасность» НИЯУ МИФИ, к.т.н., г. Москва;
- Малютин Н.Д., начальник ОПП ТУСУРа, проф., д.т.н.;
- Михальченко Г.Я., директор НИИ ПрЭ, проф., д.т.н.;
- Мишель А.А., проф. каф. АСУ, д.т.н.;
- Мозгунов А.В., начальник ОНИР;
- Озеркин Д.В., декан РКФ, доцент, к.т.н.;
- Покровская Е.М., зав. каф. ИЯ, доцент, к.филос.н.;
- Пустынский И.Н., проф. каф. ТУ, заслуженный деятель науки и техники РФ, д.т.н.;
- Разинкин В.П., проф. каф. ТОР НГТУ, д.т.н., г. Новосибирск;

- Семенов Э.В., проф. каф. РЗИ, доцент, д.т.н.;
- Сенченко П.В., декан ФСУ, доцент каф. АОИ, к.т.н.;
- Сулова Т.И., декан ГФ, зав. каф. ФиС, проф., д.филолос.н.;
- Троян П.Е., зав. каф. ФЭ, проректор по учебной работе, проф., д.т.н.;
- Хаминов Д.В., зав. каф. ТП, зам. декана ЮФ, к.и.н.;
- Ходашинский И.А., проф. каф. КИБЭВС, д.т.н.;
- Шарангович С.Н., проф., зав. каф. СВЧиКР, к.ф.-м.н.;
- Шарьгин Г.С., проф. каф. РТС, д.т.н.;
- Шостак А.С., проф. каф. КИПР, д.т.н.

## **ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ**

- Мещеряков Р.В., проректор по научной работе и инновациям ТУСУРа, зав. каф. БИС, проф., д.т.н.;
- Агеев Е.Ю., начальник научного управления, к.и.н.;
- Коротина Т.Ю., заведующая аспирантурой и докторантурой, к.т.н.;
- Юрченкова Е.А., вед. инженер ОППО, к.х.н.;
- Медовник А.В., председатель Совета молодых ученых, доцент каф. физики, к.т.н.;
- Боберь Ю.Н., инженер ОППО

## **СЕКЦИИ КОНФЕРЕНЦИИ**

### **Секция 1. Радиотехника и связь**

Подсекция 1.1. Радиотехнические системы и распространение радиоволн. Председатель секции – Шарьгин Герман Сергеевич, проф. каф. РТС, д.т.н., проф.; зам. председателя – Тисленко Владимир Ильич, проф. каф. РТС, д.т.н.

Подсекция 1.2. Проектирование и эксплуатация радиоэлектронных средств. Председатель секции – Шостак Аркадий Степанович, проф. каф. КИПР, д.т.н.; зам. председателя – Озёркин Денис Витальевич, декан РКФ, доцент, к.т.н.

Подсекция 1.3. Радиотехника. Председатель секции – Семенов Эдуард Валерьевич, проф. каф. РЗИ, доцент, д.т.н.; зам. председателя – Артищев Сергей Александрович, м.н.с. СКБ «Смена», к.т.н.

Подсекция 1.4. Радиолокация. Председатель секции – Масалов Евгений Викторович, проф. каф. КИПР, проф., д.т.н.; зам. председателя – Кривин Николай Николаевич, ст. преподаватель каф. КИПР, к.т.н.

Подсекция 1.5. Аудиовизуальная техника, цифровое телерадиовещание и информационный сервис. Председатель секции – Пустынский Иван Николаевич, проф. каф. ТУ, д.т.н.; зам. председателя – Костевич Анатолий Геннадьевич, доцент каф. ТУ, к.т.н., с.н.с.

Подсекция 1.6. Инфокоммуникационные технологии и системы широкополосного беспроводного доступа. Председатель секции – Демидов Анатолий Яковлевич, зав. каф. ТОР, к.ф.-м.н.; зам. председателя – Гельцер Андрей Александрович, доцент каф. ТОР, к.т.н.

Подсекция 1.7. Робототехника. Председатель секции – Шурыгин Юрий Алексеевич, первый проректор, зав. каф. КСУП, д.т.н., проф.; зам. председателя – Коцубинский Владислав Петрович, доцент каф. КСУП, к.т.н.

Подсекция 1.8. Интеллектуальные системы проектирования технических устройств. Председатель секции – Шурыгин Юрий Алексеевич, первый проректор, зав. каф. КСУП, д.т.н., проф.; зам. председателя – Черкашин Михаил Владимирович, доцент каф. КСУП, доцент, к.т.н.

## **Секция 2. Электроника и приборостроение**

Подсекция 2.1. Проектирование биомедицинских электронных и наноэлектронных средств. Председатель секции – Еханин Сергей Георгиевич, проф. каф. КУДР, доцент, д.ф.-м.н.; зам. председателя – Романовский Михаил Николаевич, доцент каф. КУДР, к.т.н.

Подсекция 2.2. Разработка контрольно-измерительной аппаратуры. Председатель секции – Лошилов Антон Геннадьевич, зав. каф. КУДР, начальник СКБ «Смена», к.т.н.; зам. председателя – Убайчин Антон Викторович, с.н.с. СКБ «Смена», к.т.н.

Подсекция 2.3. Физическая и плазменная электроника. Председатель секции – Троян Павел Ефимович, проректор по УР, зав. каф. ФЭ, проф., д.т.н.; зам. председателя – Смирнов Серафим Всеволодович, проф. каф. ФЭ, д.т.н.

Подсекция 2.4. Промышленная электроника. Председатель секции – Михальченко Геннадий Яковлевич, директор НИИ ПрЭ, д.т.н., проф.; зам. председателя – Семёнов Валерий Дмитриевич, проф. каф. ПрЭ, к.т.н.

Подсекция 2.5. Оптические информационные технологии, нанофотоника и оптоэлектроника. Председатель секции – Шарангович Сергей Николаевич, проф., зав. каф. СВЧиКР, к.ф.-м.н.; зам. председателя – Перин Антон Сергеевич, доцент каф. СВЧиКР, к.т.н.

Подсекция 2.6. Электромагнитная совместимость. Председатель секции – Заболоцкий Александр Михайлович, доцент каф. ТУ,

к.т.н.; зам. председателя – Куксенко Сергей Петрович, доцент каф. ТУ, к.т.н.

Подсекция 2.7. Светодиоды и светотехнические устройства. Председатель секции – Туев Василий Иванович, зав. каф. РЭТЭМ, д.т.н.; зам. председателя – Вилисов Анатолий Александрович, проф. каф. РЭТЭМ, д.т.н.

### **Секция 3. Информационные технологии и системы**

Подсекция 3.1. Интегрированные информационно-управляющие системы. Председатель секции – Катаев Михаил Юрьевич, проф. каф. АСУ, д.т.н.; зам. председателя – Суханов Александр Яковлевич, доцент каф. АСУ, к.т.н.

Подсекция 3.2. Распределённые информационные технологии и системы. Председатель секции – Сенченко Павел Васильевич, декан ФСУ, доцент каф. АОИ, к.т.н.

Подсекция 3.3. 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.

Подсекция 3.4. Моделирование в естественных и технических науках. Председатель секции – Зариковская Наталья Вячеславовна, доцент каф. ЭМИС, доцент, к.ф.-м.н.; зам. председателя – Колотаев Илья Владимирович, разработчик ООО «СибирьСофтПроект».

Подсекция 3.5. Вычислительный интеллект. Председатель секции – Ходашинский Илья Александрович, проф. каф. КИБЭВС, д.т.н.; зам. председателя – Сарин Константин Сергеевич, ассистент каф. КИБЭВС.

Подсекция 3.6. Современные библиотечные технологии. Председатель секции – Абдрахманова Марина Викторовна, директор библиотеки ТУСУРа; зам. председателя – Карауш Александр Сергеевич, доцент каф. РЗИ, к.т.н.

Подсекция 3.7. Молодежные инновационные научные и научно-технические проекты. Председатель секции – Дробот Павел Николаевич, доцент каф. УИ, к.ф.-м.н.; зам. председателя – Нариманова Гуфана Нурлабековна, зав. каф. УИ, доцент, к.ф.-м.н.

Подсекция 3.8. Разработка программного обеспечения. Председатель секции – Гордиевских Вячеслав Валерьевич, генеральный директор ООО «СибирьСофтПроект»; зам. председателя – Зариковская Наталья Вячеславовна, доцент каф. ЭМИС, к.ф.-м.н.

Подсекция 3.9. Инструментальные средства поддержки автоматизированного проектирования и управления. Председатель секции – Коцубинский Владислав Петрович, доцент каф. КСУП, к.т.н.; зам. председателя – Хабибулина Надежда Юрьевна, доцент каф. КСУП, к.т.н.

#### **Секция 4. Информационная безопасность**

Подсекция 4.1. Методы и системы защиты информации. Информационная безопасность. Председатель секции – Шелупанов Александр Александрович, ректор ТУСУРа, директор ИСИБ, д.т.н., проф.; зам. председателя – Конев Антон Александрович, доцент каф. КИБЭВС, к.т.н.

Подсекция 4.2. 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.

Подсекция 4.3. Экономическая безопасность. Председатель секции – Кузьмина Елена Александровна, доцент каф. КИБЭВС, к.т.н.; зам. председателя – Глухарева Светлана Владимировна, ст. преподаватель каф. КИБЭВС.

#### **Секция 5. Экономика, управление, социальные и правовые проблемы современности**

Подсекция 5.1. Моделирование в экономике. Председатель секции – Мицель Артур Александрович, проф. каф. АСУ, д.т.н.; зам. председателя – Грибанова Екатерина Борисовна, доцент каф. АСУ, к.т.н.

Подсекция 5.2. Информационные системы в экономике. Председатель секции – Исакова Анна Ивановна, доцент каф. АСУ, к.т.н.; зам. председателя – Григорьева Марина Викторовна, доцент каф. АСУ, к.т.н.

Подсекция 5.3. Экономика и управление. Председатель секции – Васильковская Наталья Борисовна, доцент каф. экономики, к.э.н.; зам. председателя – Цибульников Валерия Юрьевна, доцент каф. экономики, к.э.н.

Подсекция 5.4. Современные социокультурные технологии в организации работы с молодежью. Председатель секции – Сулова Татьяна Ивановна, декан ГФ, зав. каф. ФиС, д.филос.н., проф.; зам. председателя – Орлова Вера Вениаминовна, проф. каф. ФиС, директор НОЦ «СГТ», д.соц.н..

Подсекция 5.5. Актуальные проблемы социальной работы в современном обществе. Председатель секции – Грик Николай Антонович,

зав. каф. ИСР, д.и.н., проф.; зам. председателя – Куренков Артем Валериевич, доцент каф. ИСР, к.и.н.

Подсекция 5.6. Правовые проблемы современной России. Председатель секции – Хаминов Дмитрий Викторович, зав. каф. ТП, зам. декана ЮФ, к.и.н.; зам. председателя – Суслов Андрей Александрович, ст. преподаватель каф. ТП

**Секция 6. Экология и мониторинг окружающей среды. Безопасность жизнедеятельности.** Председатель секции – Карташев Александр Георгиевич, проф. каф. РЭТЭМ, д.б.н.; зам. председателя – Денисова Татьяна Владимировна, доцент каф. РЭТЭМ, к.б.н.

**Секция 7. Открытия. Творчество. Проекты.** (Секция для школьников). Председатель секции – Мозгунов Алексей Викторович, начальник ОНП.

**Секция 8. Postgraduate and Master Students' Research in Electronics and Control Systems.** (Секция на английском языке). Председатель секции – Покровская Елена Михайловна, зав. каф. ИЯ, доцент, к.филос.н.; зам. председателя – Менгардт Елена Рудольфовна, доцент каф. ИЯ, Морозова Елена Ирисметовна, ст. преподаватель каф. ИЯ.

**Адрес оргкомитета:**

**634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40,**

**ГОУ ВПО «ТУСУР»**

**Научное управление (НУ), к. 205**

**Тел.: 8-(382-2) 701-524**

**E-mail: [nstusur@main.tusur.ru](mailto:nstusur@main.tusur.ru)**

- 1-й том – 1-я секция (подсекции 1.1 – 1.8);
- 2-й том – 2-я секция (подсекции 2.1 – 2.4);
- 3-й том – 2-я секция (подсекции 2.5 – 2.7);
- 4-й том – 3-я секция (подсекции 3.1 – 3.5);
- 5-й том – 3-я секция (подсекции 3.7 – 3.9);
- 6-й том – 4-я и 5-я секции (подсекции 4.1 – 4.3 и 5.1, 5.2)
- 7-й том – 5-я секция (подсекции 5.3 – 5.6);
- 8-й том – 6-я, 7-я, 8-я секции.

## *Спонсор конференции – АО «ПКК Миландр»*



АО «ПКК Миландр»  
124498, г. Москва, Зеленоград,  
Георгиевский проспект, дом 5

Т. 495 981 5433  
Ф. 495 981 5436  
[www.milandr.ru](http://www.milandr.ru)

---

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

АО «ПКК Миландр» выполнило более 200 НИОКР в интересах предприятий радиоэлектронной промышленности РФ. Номенклатурная линейка «Миландра» составляет более 300 типоназваний микросхем (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 числе постоянных заказчиков на выполнение работ по проектированию, изготовлению и поставке микроэлектронных изделий значатся российские центры проектирования, научно-исследовательские институты, приборостроительные предприятия и объединения. Компания постоянно расширяет географию и сферу научно-технического сотрудничества, заключая долгосрочные договоры с научными учреждениями России, СНГ и с зарубежными научными организациями. Поставка изделий осуществляется в адрес более 800 предприятий радиоэлектронной промышленности.

В 2014 г. АО «ПКК Миландр» совместно с Томским государственным университетом систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР) и Томским государственным архитектурно-строительным университетом (ТГАСУ) одержали победу в конкурсе 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, выполняемом по Постановлению Правительства Российской Федерации № 218. Для выполнения работ по комплексному проекту АО «ПКК 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 АО «ПКК Миландр», ТУСУРа и ТГАСУ позволит снизить затраты населения за тепло и электроэнергию на 15–20%.

Также АО «ПКК Миландр» активно проводит различные программы по взаимодействию с вузами: 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 талантливые студенты получают сертификаты. Проект реализуется под эгидой импортозамещения, позволяет студентам российских вузов приобрести навыки работы с отечественной элементной базой и иметь преимущество при трудоустройстве в ведущие приборостроительные предприятия России.

В 2016 г. в ТУСУРе создана базовая кафедра микроэлектроники, информационных технологий и управляющих систем (МИТУС) с применением дистанционного обучения, которая сможет решать приоритетные задачи по интеграции образования и науки в производство. Компания нацелена на то, чтобы выпускники кафедры стали незаменимыми сотрудниками различных предприятий радиоэлектронной промышленности и были востребованными специалистами на современном рынке труда. Для этого АО «ПКК Миландр» предоставит своей кафедре самую актуальную материально-методическую базу и обеспечит другими возможными ресурсами компании.

## *Спонсор конференции – Группа компаний «Научное оборудование»*



Группа компаний  
«Научное оборудование»  
630128, Россия, г. Новосибирск,  
ул. Инженерная, 4а, оф. 212

Т. 383 330 8295  
Ф. 495 150 3295  
www.spegroup.ru

---

Группа компаний «Научное оборудование» была образована в 1999 г. Основное направление деятельности компании – снабжение высокотехнологичным оборудованием учебных, научно-исследовательских и промышленных предприятий Сибири и Дальнего Востока России.

Мы анализируем задачи заказчика, подбираем оборудование под каждый конкретный случай, осуществляем поставку оборудования, а также оказываем технологическую и методологическую поддержку, гарантийный и послегарантийный ремонт. Некоторые наши заказчики доверяют нам полное закрытие всех потребностей своих лабораторий и в оборудовании, и в расходных материалах.

В штате компании состоят высококвалифицированные технические специалисты с собственным опытом научной работы. Наши специалисты регулярно знакомятся с новинками оборудования, с новыми подходами в приборостроении, посещают международные выставки и обучающие семинары от производителей. Для каждой задачи заказчика мы можем предложить самое современное решение. Существующие рабочие связи со многими лабораториями СО РАН позволяют оперативно привлекать к решению задач заказчика профильных научных специалистов. Кроме того, мы сами организуем мастер-классы и семинары, на которых наши заказчики имеют уникальную возможность попробовать новейшее оборудование для решения своих задач.

У нас налажены партнерские отношения со многими ведущими мировыми производителями научного и технологического оборудования как в России, так и за рубежом. У компании есть свой инженерный департамент; в случае необходимости мы можем самостоятельно разработать решение непосредственно под задачу заказчика.

Нашими заказчиками являются все академические институты Сибирского отделения Российской академии наук, многие промышленные предприятия, технологические компании, учебные

заведения высшего образования Сибирского и Дальневосточного регионов.

Кроме деятельности по поставке и разработке оборудования, мы участвуем в продвижении разработок институтов СО РАН на внешний рынок, организуем совместные проекты институтов СО РАН с разными организациями по разработке конкретных технологических и наукоёмких решений.

Мы видим своей целью построение долгосрочных взаимовыгодных отношений с каждым нашим заказчиком.

*СЕКЦИЯ 3*

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ  
И СИСТЕМЫ**



## ПОДСЕКЦИЯ 3.1

### ИНТЕГРИРОВАННЫЕ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ

Председатель секции – *Катаев М.Ю.*, проф. каф. АСУ, д.т.н.;  
зам. председателя – *Суханов А.Я.*, доцент каф. АСУ, к.т.н.

#### СОЗДАНИЕ ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ ТЕРРИТОРИИ

*М.Г. Киндяшов, студент*

Научный руководитель *М.Ю. Катаев*, проф. каф. АСУ, д.т.н.  
Томск, ТУСУР, [kindyashov@yandex.ru](mailto:kindyashov@yandex.ru)

Многие сферы деятельности человека (например, сельское и лесное хозяйство) заинтересованы в знании направления течения воды, наглядности отображения этой информации и использовании новых технологий для удобства доступа к полученным результатам [1]. Целью работы является разработка программного обеспечения представления рельефа в удобном для пользователя виде.

На настоящий момент доступны карты, созданные при выполнении миссии SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission [2]), с разрешением в 90 м между двумя точками. Каждая точка хранит в себе высоту (число размером в два байта). Отметим, что даже карту небольшой территории обычному среднему компьютеру сложно отобразить сразу. Из детальной сетки предварительно выделяются только нужные точки для отображения, как это показано на рис. 1. Далее из этой сетки информация преобразуется в нужный для трехмерного изображения формат.

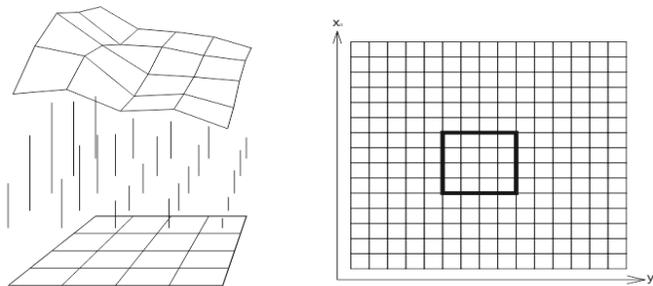


Рис. 1. Выделение точек в сетке по координатам и преобразование в трехмерное изображение

Разрабатываемый нами проект разделен на два модуля. Первый модуль нужен для выбора исследуемой территории (координат правого и левого угла) и генерации кода. По указанным координатам находится файл с данными о рельефе, после чего происходит их считывание и преобразование. Полученная информация выводится на экран в виде серого изображения, чтобы пользователю было удобнее идентифицировать местность. Затем пользователь выделяет нужный ему участок карты, который переводится в нужный для второго модуля формат.

Второй модуль представляет собой Java-скрипт, и построение модели ведется по вершинам, которые в свою очередь имеют вид трехмерного вектора. Для того чтобы перевести формат карт SRTM к высоте, в вектор добавляются еще два значения координат первым модулем. Но для полного функционирования второго модуля нужны не только координаты точек, но и грани между ними. В зависимости от количества точек разработанная нами программа соединяет их по номеру. Ближайшие четыре точки связываются двумя односторонними треугольниками.

Работа обоих модулей представлена на рис. 2, слева показана исследуемая территория, в виде серого изображения, а справа – результат отображения участка территории, выбранной пользователем для более детального изучения.

Таким образом, была разработана программа, позволяющая читать файлы базы SRTM, переводить ее в графический формат и проводить отрисовку локальных участков в удобном для пользователя виде.



Рис. 2. Пример программ генерирующего модуля и модуля отображения трехмерного изображения (слева – участок рельефа, справа – участок территории в увеличенном виде)

## ЛИТЕРАТУРА

1. Катаев М.Ю., Чугунов А.Г. Чтение, визуализация и анализ трехмерной модели поверхности Земли по данным SRTM // Доклады ТУСУРа. – 2006. – №6 (14). – С. 38–41.
2. Официальный сайт <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>, доступ бесплатный.

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ СПУТНИКОВЫМИ ПРИБОРАМИ GOSAT И OCO-2

*С.В. Конончук, Р.Р. Рахматов, студенты каф. АСУ*

*Научный руководитель М.Ю. Катаев, проф. каф. АСУ, д.т.н.  
Томск, ТУСУР, ksemyonv@gmail.com, rahmanjanrr@gmail.com*

Литературные источники отмечают, что за последние десятилетия наблюдается увеличение содержания ряда парниковых газов, таких как  $\text{CO}_2$  (9–26%);  $\text{CH}_4$  (4–9%) и  $\text{H}_2\text{O}$  (36–70%, без учета облаков) и др. [1].

Такая тенденция приводит к изменению радиационных свойств атмосферы и как следствие к изменению климата Земли. Следует отметить, что концентрации углекислого газа и метана увеличились на 31 и 149% по сравнению с началом промышленного бума в середине XVIII в. [2].

Японское космическое агентство JAXA специально для отслеживания парниковых газов разработало и запустило 23 января 2009 г. спутник GOSAT, также известный под именем Ibuki. Это первый в мире спутник, чьей задачей является мониторинг парниковых газов ( $\text{CO}_2$  и  $\text{CH}_4$ ). Он находится на орбите высотой 666 км, огибает Землю примерно за 100 мин и проходит над одной и той же точкой раз в три дня. Спутник ведет наблюдение более чем по 12,6 тыс. заданным точкам. Спутник оснащен Фурье-спектрометром (TANSO-FTS), который отслеживает инфракрасное излучение, исходящее от Земли, для измерения  $\text{CO}_2$  и  $\text{CH}_4$ , и фотоприемником для наблюдения за облаками и аэрозолями [3].

Параллельно американские специалисты NASA вывели на орбиту свой спутник Orbiting Carbon Observatory 2 (OCO-2) 1 июля 2014 г. Аналогично спутнику GOSAT, прибор OCO-2 предназначен для изучения углекислого газа и метана. Основная задача спутника OCO-2 – определение источников и стоков углекислого газа в атмосфере, мест, где газ более выделяется и где поглощается [4]. Данный аппарат работает в трех режимах: Nadir (прямой взгляд) – съемка непосредственно под космическим аппаратом; Glint (быстрый взгляд) – для изучения мест, где солнечный свет непосредственно отражается на поверхности Земли; Target (режим цели) – для непрерывного наблюдения при пролете за конкретным местом (точкой) на Земле.

Таким образом, получая сигналы со спутника GOSAT или OCO-2, стоит задача в их обработке, т.е. получении информации о содержании  $\text{CO}_2$  и  $\text{CH}_4$  в толще атмосферы по всему земному шару (рис. 1).

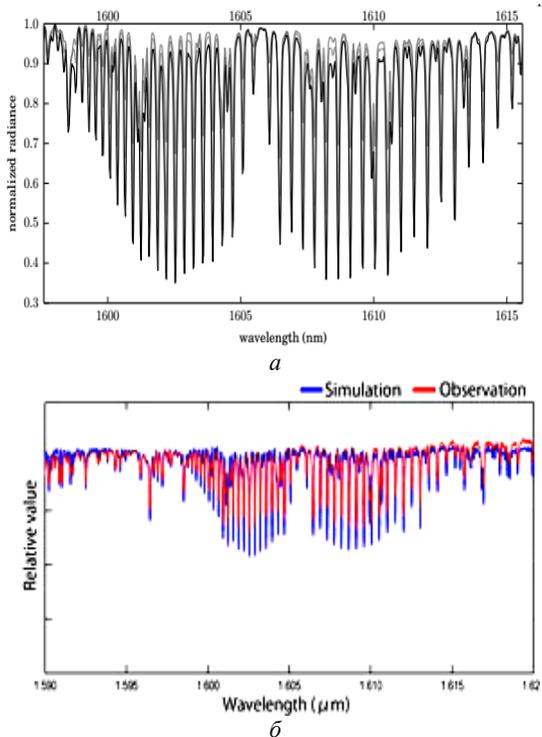


Рис. 1. Сравнение сигналов спектрометров OCO-2 (а) и GOSAT (б)

Однако стоит заметить, что данных такое большое количество, что для их обработки требуется использовать суперкомпьютеры. Нами предлагается методика, в основе которой лежат известные математические методы решения обратных задач (статистические регрессионные методы и метод эмпирических ортогональных функций), которые позволят без потери точности с высокой скоростью получать искомое решение. Результатом работы будет подход, позволяющий обрабатывать BigData спутниковых данных без использования суперкомпьютера.

Сравнивая сигналы, можно сказать, что сигнал OCO-2 предназначен только для восстановления общего содержания углекислого газа, а по данным GOSAT, помимо CO<sub>2</sub>, можно восстанавливать и содержание других газов, например CH<sub>4</sub> и H<sub>2</sub>O.

Разрабатывая автоматизированную систему обработки спутниковых данных в пределах земного шара, появляется возможность перей-

ти к решению климатических и экологических задач для отдельных участков Земли, например региона Западной Сибири.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Строение* атмосферы Земли [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://meteoweb.ru/phen058.php>

2. *Википедия* – свободная энциклопедия [Электронный ресурс]. – Глобальное потепление. – Режим доступа: [http://ru.wikipedia.org/wiki/Глобальное\\_потепление](http://ru.wikipedia.org/wiki/Глобальное_потепление)

3. *Спутник* GOSAT-2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gosat-2.nies.go.jp>

4. *Спутник* ОСО-2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://map-group.com.ua/kosmicheskie-apparaty/26-kosmicheskie-apparaty-ssha/960-oso-2>

### ПОИСК КОЛЕННОГО СУСТАВА ЧЕЛОВЕКА ПО 3DOF-МОДЕЛИ ФИГУРЫ ЧЕЛОВЕКА ПО БИНАРИЗОВАННОМУ ИЗОБРАЖЕНИЮ

*А.П. Коробко, каф. АСУ*

*Научный руководитель М.Ю. Катаев, д.т.н., проф.  
Томск, ТУСУР*

В задаче определения характеристик походки человека по изображению возникает необходимость перехода к различного рода скелетным моделям фигуры человека [1]. Одной из проблем перехода от бинаризованной формы человека в процессе движения к скелетной модели является определение точки коленного сустава.

В качестве исходных данных мы имеем бинаризованное изображение фигуры человека, находящегося в процессе ходьбы (рис. 1, *а*), и четыре точки: голова, ступни, центр масс, образующие два треугольника с основанием в ступнях (рис. 1, *б*).

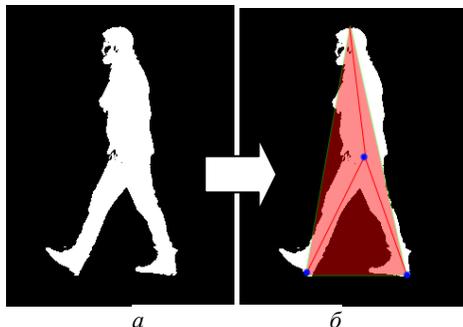


Рис. 1. Бинаризованное изображение фигуры человека (*а*) и 3DOF-модель (*б*)

Зная, что длины голени (до стопы) и бедра человека примерно равны, мы можем разделить отрезок, соединяющий стопу и центр масс на две равные части (рис. 2, *а*). Но из-за того, что колено может быть согнуто, найденная нами точка не всегда является искомым суставом. Поэтому, принимая во внимание пропорциональность бедра и голени, можно найти прямую, на которой должен будет находиться сустав. Для этого требуется провести из найденной точки перпендикуляр (рис. 2, *б*). Соответственно для того чтобы найти сустав, нужно воспользоваться исходным бинаризованным изображением: производим проход по найденной прямой от области, не содержащей изображение человека (черный цвет), до первого белого пикселя. Эта точка будет точкой края сустава.

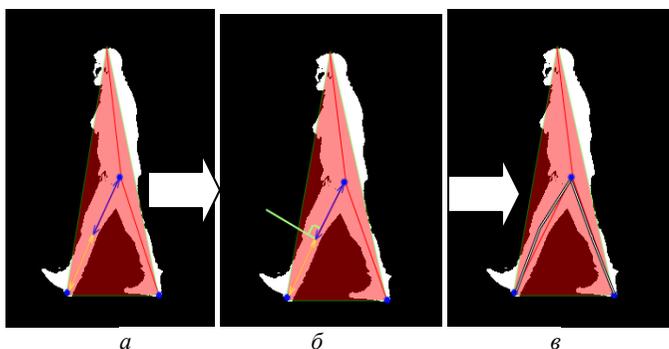


Рис. 2. Этапы выделения прямой, содержащей в себе точку сустава (*в*)

Для нахождения самого сустава требуется произвести смещение по прямой вглубь белой области на величину, равную  $1/32$  от высоты фигуры на изображении (согласно пропорциям). Аналогичные действия требуется провести для второй ноги. Полученные точки и будут являться точками коленных суставов, и, проведя отрезки от центра масс до сустава и далее до соответствующей стопы, получим реальное положение каждой ноги фигуры человека (рис. 2, *в*).

**Заключение.** При ходьбе человек меняет положение корпуса и ног, фактически решая задачу устойчивости при наклоне вперед. При движении реализуются многочисленные фазы движения, на каждом шаге, совершаемом правой и левой ногой, различают период опоры и период маха, наклон корпуса, наклон голени вперед, перекаат стопы через пятку, движение бедра, изменения положения колена и др. Временные кривые изменения углов скелетной модели при реализации различных фаз позволяют оценить динамическую характеристику ходьбы. Представленный нами алгоритм поиска точки колена скелет-

ной модели, несомненно, приведет к уточнению формирования модели движения человека.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Катаев М.Ю. Построение скелетной модели фигуры человека по потоку изображений / М.Ю. Катаев, А.П. Коробко // Доклады ТУСУРа. – 2011. – Т. 2(24), ч. 3. – С. 201–205.

### **СОЗДАНИЕ ИНТЕРНЕТ-САЙТА-ВИЗИТКИ ДЛЯ ФАКУЛЬТЕТА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ**

***П.Ю. Лукманов, Н.С. Женис, студенты каф. КСУП***

*Научный руководитель Е.А. Потапова, ст. преп. каф. КСУП*

*Томск, ТУСУР, potevan@mail.ru*

*Проект ГПО КСУП-1401 «Создание интернет-сайта»*

Сайт – это совокупность логически связанных между собой веб-страниц, с другой стороны – место расположения контента сервера. Глобальная сеть состоит из всех сайтов, доступных для общего пользования. Все странички каждого сайта объединяются одним корневым адресом, тематикой, системой и дизайном. Каждая страница веб-сайта – это текстовый документ, который написан на языке программирования HTML, CSS. Эти текстовые файлы загружаются на компьютер, обрабатываются браузером и отображаются на мониторе компьютера в виде страницы сайта. Язык программирования позволяет редактировать текст странички, добавлять ссылки, вставлять картинки, звуковые и видеофайлы.

Целью данного проекта является создание интернет-сайта-визитки для факультета вычислительных систем Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. Необходимость создания данного сайта в первую очередь заключается в удобном предоставлении всей необходимой информации для студентов и сотрудников факультета, а также для абитуриентов, желающих поступать на данный факультет, и их родителей (рис. 1).

Сайт факультета вычислительных систем позволит удобно и быстро предоставлять необходимую информацию для сотрудников, студентов, абитуриентов. Абитуриенты, используя сайт факультета, смогут получить развернутую информацию, необходимую для поступления на факультет.

Карта сайта будет содержать разделы, которые предоставят информацию об истории факультета, информацию для сотрудников, абитуриентов, студентов, магистрантов, аспирантов, расписание для всех учебных групп, относящихся к факультету, и для преподавате-

лей, информацию о предстоящих мероприятиях, информацию об успеваемости студентов, контактные данные сотрудников факультета, контактные данные декана, ссылки на необходимые информационные ресурсы, срочные новости, расписание консультаций по различным дисциплинам.

ТУСУР | TUSUR UNIVERSITY | Факультет вычислительных систем | Faculty of Computer Systems

Абитуриенту | Студенту | Деятельность

**Добро пожаловать!**

Обучение на факультете вычислительных систем даёт возможность освоить современные вычислительные системы, компьютерные сети, средства автоматизации проектирования и управления, изучить современные средства программирования и моделирования, а также основы экономики и ведения бизнеса.

**Как получить повышенную стипендию**

Стать получателем повышенной стипендии в 2016 году студент может в двух случаях, согласно Приказу Министерства образования и науки от 28 августа 2013 года, а именно:

- 1) Студент, отличившийся особыми успехами в различных областях деятельности (таких как учёба, наука, спорт, культурно-творческая и общественная деятельность)
- 2) Если вы обучаетесь на первом или втором курсе, учитесь на «четыре» и «пять» и признаны нуждающимся в дополнительной материальной поддержке... [Узнать больше](#)

**Материальная помощь студентам**

Материальную помощь можно получить как в деканате своего факультета, так и в профсоюзной организации студентов ТУСУРа. Для этого необходимо написать заявление, приложить документы, подтверждающие право на получение помощи, и отдать профгруппу своей группы или принести в профкон [Узнать больше](#)

**Образцы заявлений**

- » [Заявление о переводе](#)
- » [Заявление о переводе на бюджетную форму обучения](#)
- » [Заявление об отчислении](#)
- » [Заявление о переходе на индивидуальный план](#)

САЙТ	ССЫЛКИ	ДЕКАН
Повышенная стипендия	Портал ТУСУР	Козлова Лариса Алексеевна
Материальная помощь	Абитуриентам	Адрес: ул.Вершинина 74, каб.204
Приказы	Научно-Образовательный Портал	Телефон: (3822)
Объявления	КСУП	Время работы:
Образцы документов	МиСА	
Вопрос-Ответ	МиГ	
Фото и видеогалерея		

Рис. 1. Главная страница сайта факультета вычислительных систем

Также карта сайта может содержать раздел, в котором будет представлена информация о стипендии и возможности получения материальной помощи. В процессе разработки возможны изменения.

На данном этапе проекта планируется разработка сайта, размещение на сервере, тестирование. Результатом на текущем этапе работы будет главная страница сайта-визитки факультета вычислительных систем.

## **ПОСТАНОВКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАДАЧИ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНОЙ ЧАСТИ ТЕЧЕПОИСКОВОГО КОМПЛЕКСА**

*В.А. Фаерман, аспирант, ассистент каф. АиКС;*

*В.М. Марукян, магистрант*

*Томск, НИ ТПУ, vaj@tpu.ru*

В настоящее время рынок течепоискового оборудования представлен разнообразными устройствами: тепловизионные, акустические, корреляционно-акустические и робототехнические. Наиболее распространенными течепоисковыми комплексами являются устройства, в основе которых заложен математический аппарат корреляционного анализа. Это в первую очередь объясняется уникальным набором достоинств этих устройств, в числе которых универсальность (возможность работы с трубопроводами из любого материала и диаметра), точность и оперативность применения, что делает их незаменимыми инструментами при обслуживании водопроводных сетей [1, 2].

Принцип функционирования корреляционно-акустических приборов обнаружения утечек заключается в следующем – на трубе по обе стороны от места протечки устанавливаются два виброакустических датчика, по одному на каждой из сторон линейного участка трубопровода. Посредством датчиков регистрируются, преобразуются в цифровую форму и накапливаются виброакустические сигналы, производимые истекающей из трубы жидкостью, распространяющиеся вдоль трубопровода в обоих направлениях. Непосредственно положение места протечки определяется путём цифровой обработки записей сигналов [3].

Эффективность корреляционно-акустических средств поиска утечек зависит как от качества аппаратной реализации комплекса, так и от функциональных возможностей его программного обеспечения. В частности, реализованные алгоритмы цифровой обработки сигналов во многом определяют точность локации утечек, возможность обна-

ружения течей с малыми расходами, а также достоверность полученных результатов [2].

Основное функциональное назначение ПО сводится к вычислению и визуализации взаимокорреляционных функций между оцифрованными сигналами, поступившими от датчиков по измерительным каналам течеискателя. По виду коррелограмм (графиков взаимокорреляционных функций) оператор определяет как факт наличия утечки, так и её местоположение. Однако стоит отметить, что данный минимальный набор функций нельзя считать достаточным.

Это объясняется тем, что при обследовании участка трубопровода в городских условиях сигналы оказываются сильно зашумлены вследствие разветвлённости коммунальных сетей, непрекращающегося дорожного движения, а также непостоянства напора жидкости. В связи с этим картина, наблюдаемая на коррелограмме, может быть искажена и не информативна для оператора. В таких случаях требуется применение фильтрации и дополнительных методов анализа – частотных, временных и частотно-временных. Таким образом, наличие широкого арсенала инструментов анализа, наряду с дружественным пользовательским интерфейсом и реализацией, эффективной с точки зрения использования аппаратных ресурсов компьютера, являются необходимыми требованиями к ПО и критериями его качества.

Требования к разрабатываемому программному решению во многом определяются наличием следующих функций и возможностей создаваемого устройства: цифровая фильтрация сигналов, возможность работы в режиме реального времени, разрешающая способность по частоте, определение скорости распространения звука по контролируемому участку трубопровода, автоматизированная интеллектуальная интерпретация результатов анализа и др.

Таким образом, при разработке ПО течепоискового комплекса необходимо уделить особое внимание эффективности использования ПО аппаратных ресурсов ЭВМ при анализе сигналов, а также пользовательскому интерфейсу. Для этого следует руководствоваться современными стандартами разработки программ [4] и корректно оценивать производительность создаваемого приложения [5].

Анализ литературы [6] позволил сформулировать следующие требования к пользовательскому интерфейсу: 1) основное окно программы должно соответствовать ожиданиям пользователя от современного Windows-приложения; 2) все элементы управления должны быть интерактивными и сопровождаться подсказками; 3) элементы управления, графики должны быть расположены в соответствии с принципами эргономичности; 4) все настройки должны быть разделе-

ны на две группы – основные и расширенные; 5) компоненты визуализации данных и результатов анализа должны допускать гибкую настройку пользователем.

Требования к эффективности использования аппаратных ресурсов определяются необходимостью реализации функций и обеспечения характеристик, заявленных ранее.

Наиболее сложные функции с точки зрения организации вычислений: 1) цифровая обработка сигналов в режиме, приближенном к режиму реального времени; 2) частотно-временной корреляционный анализ продолжительных сигналов [7]. Реализация данных функций требует использования массивно-параллельной обработки данных при вычислении корреляционных функций; полного и уверенного использования современных технологий обработки графических данных и визуализации информации (OpenGL).

Таким образом, предлагаемое решение отличается как новизной, оригинальностью и эффективностью реализуемых методов обработки сигналов, так и качеством их программной реализации, ориентированной на многопоточное выполнение современными процессорами.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 16-37-00049 мол\_a.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кошкин С.Ю. Особенности использования корреляционных теческаателей для обнаружения утечек в пластиковых трубопроводах // Megatech. – 2011. – № 1. – С. 30–35.
2. Марукян В.М., Фаерман В.А. Характеристики и особенности корреляционных течепойсковых комплексов // Сб. тр. VI Всерос. науч.-техн. конф. аспирантов и студентов «Неразрушающий контроль, приборостроение, технологии, безопасность». – Томск: Изд-во ТПУ, 2016. – С. 206–210.
3. Fuchs H.V., Riehle R. Ten Years of Experience with Leak Detection by Acoustic Signal Analysis // Applied Acoustics. – 1991. – Vol. 33. – PP. 1–19.
4. Девятов С.С. Проектирование программного обеспечения с использованием стандартов UML 2.0 и SysML 1.0 // Прикладная информатика. – 2006. – № 6. – С. 48–63.
5. Дубаков С.А., Силич В.А. Использование набора диаграмм UML для построения моделей производительности // Известия Том. политехн. ун-та. – 2005. – № 3, т. 308. – С. 154–158.
6. Maciaszek L. Requirments Analysis and System Design (3<sup>rd</sup> Edition). – Boston: Addison Wesley Publishing, 2001. – 378 p.
7. Faerman V.A., Cheremnov A.G., Avramchuk V.S., Luneva E.E. Prospects of frequency-time correlation analysis for detecting pipeline leaks by acoustic emission method // IOP Conference Series: Earth and Enviromental Science. – 2014. – Art 012041.

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ДЕФЕКТОВ НА КИРПИЧЕ-СЫРЦЕ

*Д.Г. Петухов, студент каф. ЭМИС*

*Научный руководитель Н.В. Замятин, проф. каф. АСУ, д.т.н.  
Томск, ТУСУР, zam@fet.tusur.ru.*

Одним из наиболее важных и сложных этапов производства кирпича является его сушка. Кирпич-сырец и керамические камни, изготовленные пластическим прессованием, содержат влагу, которая должна быть удалена, чтобы придать им механическую прочность и подготовить к обжигу. Контроль этого процесса позволит достаточно точно поддерживать температурно-влажностные характеристики, оперативно реагировать на изменения условий внешней среды.

При сушке изделий необходимо создать режим, при котором получают качественные изделия без трещин в минимальные сроки и при возможно меньших затратах тепла и электроэнергии. Такой режим можно установить экспериментальным путём методом проб, когда из нескольких режимов выбирают наиболее эффективный. Этот путь дорогой, трудоёмкий и длительный, а главное, не всегда даёт лучшие результаты [1].

Для решения этой задачи разрабатывается программный комплекс автоматизированной системы контроля дефектов в виде трещин, сколов, пустот на кирпиче-сырце при сушке в туннельных сушилках, представляющий набор компонент, как совокупности сущностей.

Задача контроля дефектов на кирпиче состоит из двух основных этапов:

1. Обучение сети (классификация).
2. Распознавание образов (дефектов).

**Модель классификатора.** Среди различных конфигураций ИНС встречаются такие, которые при классификации по виду обучения ближе к обучению без учителя. В таких сетях весовые коэффициенты синапсов рассчитываются только однажды перед началом функционирования сети на основе информации об обрабатываемых данных, а обучение сети сводится именно к этому расчету. С одной стороны, предъявление априорной информации можно расценивать как помощь учителя, но с другой – сеть фактически просто запоминает образцы до того, как на ее вход поступают реальные данные, и не может изменять свое поведение. Поэтому говорить о звене обратной связи с учителем не приходится. Из сетей с подобной логикой работы наиболее известны сеть Хопфилда и сеть Хэмминга, используемые для организации ассоциативной памяти [4].

ИНС Хэмминга [2] (рис. 1) представляет собой сеть с двумя обрабатывающими слоями, первый слой – слой Хэмминга, второй слой – немного изменённая сеть Хопфилда.

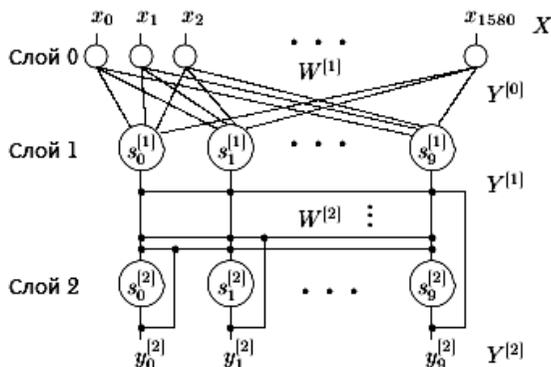


Рис. 1. ИНС Хэмминга

Размерность входного слоя (слой 1 на рис. 1) определяется количеством образцов кирпичей, хранимых сетью, т.е. примеры изображений, хранимых в БД. Размерность выходного слоя равна размерности скрытого слоя нейронной сети.

На выходе получаем вектор  $y(y_0...y_n)$ , где  $n$  – количество идеальных примеров изображений, хранимых в БД. Номер  $j$ , для которого  $y_j^{[2]} > 0$ , соответствует номеру класса входного образца.

Первый слой – слой Хемминга – представляет собой ИНС с прямыми связями. Этот слой вычисляет меру подобия (расстояние Хемминга) между всеми эталонными образцами, хранящимися в сети, и текущим входом сети. Расстояние Хемминга – это количество отличающихся компонент во входном и эталонном векторах. Весовые коэффициенты слоя 2 фиксированы отношением переходов. Алгоритм обучения ИНС сводится к начальной инициализации матрицы весов слоя 1. Виды дефектов распределяются по выходам сети Хемминга в порядке обучения. Например на 1-м выходе трещины сбоку, на 2-м выходе сколы и т.д. Для контроля дефектов на кирпиче система переводится в режим распознавания образов. При формировании на входе изображения кирпича с определенным дефектом на выходе нейронной сети появляется число, отличное от нуля, что позволяет выделить дефект того или иного вида. Подсистема с классификатором на ИНС Хэмминга предназначена для дальнейшего управления процессом сушки кирпича-сырца.

Данная система, использующая классификатор, основанный на ИНС Хэмминга, решает задачи:

- автоматизацию контроля и анализа визуальной информации о процессе сушки кирпича-сырца в туннельных сушилках;
- повышения качества выпускаемой продукции;
- повышения производительности труда при управлении процессом сушки кирпича-сырца.

**Заключение.** В ходе выполнения работ по разработке описываемой системы было решено несколько поставленных задач:

- сбор и анализ информации по цифровой обработке изображений и распознаванию образов;
- разработка подсистемы (программный блок кода) захвата изображения видеокамеры;
- разработка подсистемы цифровой предобработки и подготовки изображения в виде образов для передачи в ИНС.

На стадии разработки:

- разработка блока кода классификатора на основании ИНС Хопфилда;
- сбор и анализ результатов работы автоматизированной системы контроля.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Кашкаев И.С., Шейнман Е.Ш.* Производство глиняного кирпича: учеб. для подгот. рабочих на производстве. –3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1978. – С. 189–232.
2. *Головкин В.А.* Нейронные сети: обучение, организация и применение / Под ред. А.И. Галушкина. – М.: ИПРЖР, 2001. – С. 141–144.
3. *Нейронные сети Хопфилда и Хэмминга* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.codenet.ru/progr/alg/ai/htm/gl3\\_5.php](http://www.codenet.ru/progr/alg/ai/htm/gl3_5.php) (дата обращения: 10.12.2016).

### ЭВРИСТИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ РАЗРАБОТКИ РАСПИСАНИЯ С УЧЕТОМ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА И ЕГО ЗАДОЛЖЕННОСТЕЙ

*П.Ю. Яушкин, студент каф. АСУ*

*Научный руководитель М.Ю. Катаев, д.т.н., проф.*

*Томск, ТУСУР, k\_m\_y@mail.ru*

Образование выходит на новый уровень только тогда, когда имеется постоянное самообучение, связанное с получением степени бакалавра, магистранта и повышением квалификации. Формирование постоянной потребности к самообучению является одним из жизненно

необходимых процессов, которые должны присутствовать в жизни каждого студента. Существующий образовательный процесс делится на две части: основной и самостоятельный. Первая часть связана с посещением занятий в вузе, а вторая – с необходимостью подготовки к последующим занятиям. Основная задача современного образования сводится к необходимости предоставления тех основополагающих знаний, на основе которых студент мог бы самостоятельно обучаться и получать необходимые для его специальности компетенции. Для решения основной проблемы образования происходит повышение роли самостоятельной работы студента, что отражается в учебном плане. Кроме того, у студентов, не сдавших вовремя предмет, формируется задолженность, которая может накапливаться с течением времени и которая сложно учитывается при расчете временных ресурсов. При наличии долга требуется больше времени на подготовку к занятиям и параллельно сдаче долга. Данная работа является описанием алгоритма по учету времени обучения студента с учетом задолженностей в расписании.

Целью разработки является создание такого алгоритма, который учитывал бы не только подготовку к занятиям, но и задолженностям, которые в настоящее время нередко присутствуют у студентов после сессий. Ведь вся проблема кроется в том, что при неликвидированной академической задолженности появляется реальный повод к отчислению из вуза. Поэтому данный алгоритм ориентирован прежде всего не только на расстановку подготовительных занятий, но также и предметов, по которым у студентов, возможно, имеются какие-либо задолженности (рис. 1). Отличительной особенностью данного алгоритма от ранее разработанных является высокая точность расчета времени на самостоятельную подготовку студентов (согласно учебному плану) и новая система долгов.

Чтобы понять всю проблематику, касающуюся задолженностей, необходимо сначала рассмотреть само определение этого понятия. В официальном источнике сказано, что вступивший в силу с 2013 г. Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации», под академической задолженностью понимает неудовлетворительный результат промежуточной аттестации по одному или нескольким учебным предметам, курсам, дисциплинам или непрохождение промежуточной аттестации при отсутствии уважительных причин. То есть это то, что студент должен ликвидировать как можно скорее. Закон устанавливает, что студенту на ликвидацию задолженности дается 2 попытки, а сроки, в течение которых можно пересдать, устанавливает учебная организация.

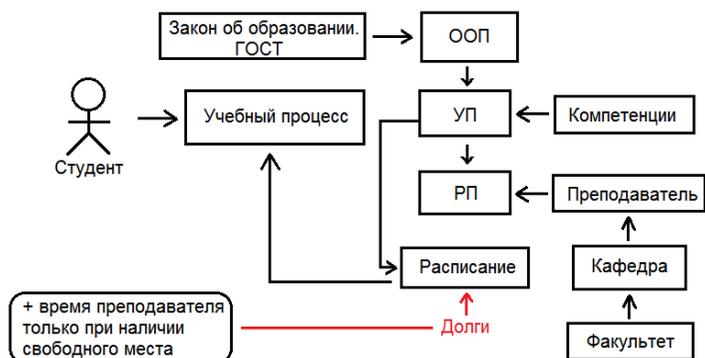


Рис. 1. Концептуальная схема составления расписания с учетом долгов

Данный алгоритм будет являться основой для разрабатываемого программного обеспечения. Предполагается, что разработанным продуктом будут пользоваться не только студенты, но и преподавательский состав с целью согласования времени на консультативные занятия по сдаче всех видов задолженностей.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Истомин А.Л., Бадеников В.Я.* Оптимизация учебного процесса в вузе в условиях ограниченных ресурсов.
2. *Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации».* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://минобрнауки.рф/документы/2974> (дата обращения: 27.02.2017).
3. *Информационная система управления учебным процессом* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mgimo.ru/about/structure/3495/3699/docs/63560/> (дата обращения: 16.02.2017).

## ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ И ПРОВЕРКИ ИХ ЗНАНИЙ

*Ю.А. Богомолов, студент*

*Научный руководитель М.Ю. Катаев, проф., д.т.н.*

*Томск, ТУСУР, каф. АСУ, bogomolov.yuriy@gmail.com*

*Проект ГПО АСУ-1101 «Программное обеспечение для организации и проведения спортивного программирования»*

В век информационных технологий всё более актуальным становится обучение и получение знаний посредством Интернета. Ярким примером может послужить свободная энциклопедия Википедия. Кроме того, существуют различные онлайн-ресурсы узкой направленности, такие как форумы, электронные учебники и т.п. Однако у них

есть некоторые недостатки, например: наличие только какой-то общей информации без углубления в детали, необходимость затрачивать много времени на поиски требуемой информации и отсеивание лишней, ограниченная интерактивность ресурсов, нехватка наглядных примеров, невозможность проверить правильность ответа на задачу.

С другой стороны, многие преподаватели вузов вынуждены тратить значительную часть времени и сил на составление задач для студентов и проверку их решений.

Разрабатываемая система призвана решить эти проблемы. Она должна быть способной обучать студентов с помощью индивидуальной адаптации программы обучения под каждого, а также облегчить преподавателю процесс проверки знаний студентов за счёт автоматизации некоторых процессов.



Рис. 1. Общая схема работы системы

Ключевую роль в работе системы играет автор – специалист в некоторой области знаний, который составляет статьи по теме, наглядные примеры и алгоритмы для генерации задач, а также задаёт правила проверки заданий. Обучающая система должна на основе уже изученных студентом статей предлагать ему новые, что позволит ускорить процесс самостоятельного обучения. Во время обучения система должна собирать статистические данные о процессе восприятия информации пользователем, а затем отсылать эти данные автору, чтобы тот мог скорректировать некоторые аспекты статей. Также система по запросу преподавателя должна генерировать некоторый набор задач, соответствующих выбранной теме. Это позволит преподавателю дать эти задания (или составить свои) студенту. Студент по выполне-

нии заданий отсылает их преподавателю посредством проверяющего модуля, выбранного преподавателем. Проверяющий модуль при получении задания составляет некоторый промежуточный или окончательный вердикт касательно выполнения задания. Например, он может проверить работу на наличие плагиата, проверить правильность вычислений или просто отформатировать исходный код. Это позволит преподавателю потратить значительно меньше времени и сил на проверку заданий, что, например, даст возможность больше заниматься подготовкой лекционного материала.

## ШАБЛОНЫ ДВИЖЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА НА ОСНОВЕ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ АКСЕЛЕРОМЕТРА

*А.С. Гольцев, В.В. Бартов, М.А. Лаврук, студенты*

*Научный руководитель М.Ю. Катаев, проф., д.т.н.*

*Томск, ТУСУР, каф. АСУ, kmy@asu.tusur.ru*

В настоящее время существует множество методов идентификации человека: по отпечаткам пальцев, по сетчатке глаза, по фотографии лица, однако эффективность этих методов падает, так как находятся методики, дающие возможность подмены. Актуальность данной темы исследования обусловлена тем, что предлагается методика идентификации личности человека, используя лишь биометрические данные, основанные на походке человека.

В XXI в. почти все портативные устройства оснащены акселерометрами, которые необходимы для замера параметров, необходимых для оценки параметров ходьбы в  $\{X, Y, Z\}$  плоскостях. Подобные аутентификаторы могли бы помочь при решении различного рода задач медицины, спорта, контроля и др.

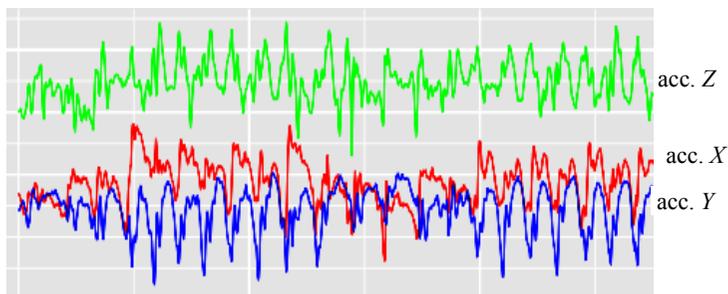


Рис. 1. Значения, измеряемые акселерометром в процессе ходьбы человека по трем осям

Объектом исследования является двигательная активность человека при его перемещении (походка), движении руками, головой.

Предмет исследования – шаблоны движения, минимальные двигательные функции человека, повторяющиеся при двигательной активности. Например, чтобы человек двигался, необходимо, чтобы одна нога всегда отрывалась от поверхности земли, колено сгибалось.

Цель исследования состоит в написании программы обработки данных акселерометра и выделении уникальных шаблонов движений человека для решения задачи идентификации личности по биометрическим данным (походке).

Для технической реализации проекта нам необходимо устройство, содержащее акселерометр (смартфон), написать программу считывания данных акселерометра по всем трем плоскостям, а также программу для обработки данных и анализа результатов. Программа будет отслеживать основные особенности движения человека, узнавать его из накопленной базы шаблонов биометрических данных.

Применение программы возможно в различных приложениях: спорт, контроль, медицина, виртуальная реальность и др.

Результатом работы является программа, позволяющая читать данные акселерометра, установленного на смартфоне Samsung, и передавать данные на ноутбук. Акселерометр позволяет считывать изменение положения смартфона в трехмерном пространстве  $\{XYZ\}$  с частотой 100 Гц (рис. 1). Далее проводится анализ полученных кривых для поиска однотипных шаблонов (участков измерений), которые связаны с движением человека.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Остонец А.А.* Анализ сигналов сенсорных устройств // Сб. тезисов XXI междунар. науч. конф. «Ломоносов–2014». – М.: Изд. отд. фак-та вычислительной математики и кибернетики МГУ им. М.В. Ломоносова, 2014. – С. 41–43.

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПОВ РАСТЕНИЙ И ИХ ВЕГЕТАЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ**

*М.М. Даданова, К.С. Ёлгин, студенты*

*Научный руководитель М.Ю. Катаев, проф., д.т.н.*

*Томск, ТУСУР, каф. АСУ, kty@asu.tusur.ru, mashadad@mail.ru,  
kirill1996200922@yugs.ru*

Современное сельское хозяйство (в частности, растениеводство), при увеличении масштабов производства требует индустриальных средств контроля состояния и развития растений. Одним из средств

такого контроля может быть наблюдение состояния засеянных площадей с помощью уже широко используемых в других средах деятельности относительно недорогих беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Основная проблема использования этих устройств для контроля посевов и их вегетационного состояния – огромное количество информации, генерируемой камерами наблюдения, установленными на БПЛА.

Вопросам автоматизации обработки изображений посевов с целью определения фазы (динамики) развития растений и посвящена данная работа [1]. Разрабатываемая программа должна с высокой степенью достоверности классифицировать растения и оценить их вегетационную фазу.

В качестве входных данных программа получает изображение какого-то участка посевов. Прежде чем приступить к основному анализу, изображению требуется пройти предварительную обработку: отфильтровать шумы и привести все изображения к равным световым условиям с помощью методики «Серый мир».

На рис. 1 представлена схема разрабатываемой программы, состоящей из основных блоков: получение изображений, их предварительная и тематическая обработка, анализ.



Рис. 1. Принципиальная схема программы

На этапе тематического блока происходит вычисление вегетационного индекса NDVI, который является одним из самых распространенных на практике индексов для решения задач оценки растительного покрова.

В качестве тестовых были использованы результаты исследований 2011 г., проведенных в Гарвардском университете группой студентов. Одним из объектов исследования был гарвардский лес. Эксперимент проводился в условиях стабильного ракурса в течение 2 лет.

Зелёный канал изображения очень хорошо иллюстрирует фазы роста и фазы сна для растительности (рис. 2, кривая 1). Красный в свою очередь в основном стабилен (рис. 2, кривая 2), проявляет активность только на фазе увядания растения, получить точный анализ с его использованием крайне затруднительно. В свою очередь использование одного лишь зелёного канала явно недостаточно для анализа принадлежности пикселя на изображении к растительному объекту, так как мы уже выяснили, что уровень отражения в зелёном канале может быть и у любых других объектов (см. рис. 2).

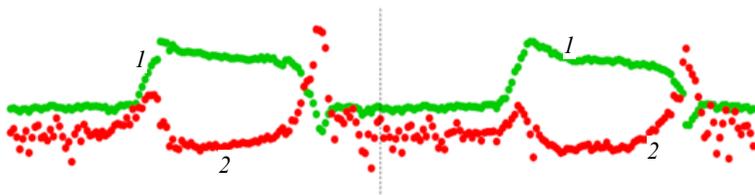


Рис. 2. Тенденция изменений отражения зеленого (1) и красного (2)

Особенности выбора индекса NDVI базируются на двух наиболее стабильных участках спектральной кривой отражения сосудистых растений. В красной области спектра (0,6–0,7 мкм) лежит максимум поглощения солнечной радиации хлорофиллом высших сосудистых растений, а в инфракрасной области (0,7–1,0 мкм) находится область максимального отражения клеточных структур листа. То есть высокая фотосинтетическая активность (связанная, как правило, с густой растительностью) ведет к меньшему отражению в красной области спектра и большему в инфракрасной. Отношение этих показателей друг к другу позволяет четко отделять и анализировать растительность от прочих природных объектов. Использование же не простого отношения, а нормализованной разности между минимумом и максимумом отражений увеличивает точность измерения, позволяет уменьшить влияние таких явлений как различия в освещенности снимка, облачности, дымки, поглощение радиации атмосферой и пр.

**Заключение.** Готовая система будет анализировать статические и/или динамические (из них можно получить первое) данные, полученные с любого снимающего устройства. В качестве результатов анализа данных пользователю будет предоставлен определенный тип растения и его состояние.

Работа имеет публикацию в виде статьи, основанной на интервью автора, на сайте ТУСУРа.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *В ТУСУРе* создаётся программа, улучшающая мониторинг сельхозугодий с квадрокоптера. – Режим доступа: <https://tusur.ru/ru/novosti-i-meropriyatiya/novosti/prosmotr/-/novost-v-tusure-sozdayotsya-programma-uluchshayuschaya-monitoring-selhozugodiy-s-kvadrokoptera>

### ОНЛАЙН-БИРЖА ДЛЯ РАЗМЕЩЕНИЯ РЕКЛАМЫ В ИНСТАГРАММ-АККАУНТАХ

*А.А. Лазарев, магистрант каф. АСУ*

*Научный руководитель Д.Н. Бараксанов, начальник  
центра веб-технологий и информационных ресурсов*

*Томск, ТУСУР, [andreylazarevv@gmail.com](mailto:andreylazarevv@gmail.com)*

История электронной коммерции насчитывает всего около двух десятилетий интенсивного развития, что по сравнению с историей других отраслей экономики кажется малозначительным промежуток времени. Своим рождением первые системы и методы электронной коммерции обязаны появлению технологий автоматизации продажи авиабилетов, пластиковых карт и построению автоматизированных систем управления ресурсами предприятий [1].

Появление Интернета и электронной коммерции значительно изменило почти все области ведения бизнеса. За последние 20 лет Интернет кардинально изменил такую область предпринимательства, как маркетинг. Теперь почти вся маркетинговая деятельность осуществляется в интернет-среде, а любую компанию по продвижению нового продукта нельзя представить без интернет-маркетинга.

Одним из основных направлений интернет-маркетинга является продвижение и реализация маркетинговых планов в социальных сетях. Социальная сеть – это социальная структура, состоящая из группы узлов, которыми являются социальные объекты (люди, группы людей, сообщества, организации) и связей между ними (социальных взаимоотношений). В общераспространенном понимании социальная сеть – это сообщество людей, объединенных общими интересами, общим делом или имеющих другие причины для непосредственного

общения между собой. В общепhilosophическом подходе под социальной сетью понимают множество социальных объектов и определенное множество отношений между ними [2]. Эллисон и Бойд определили социальную интернет-сеть как веб-сервис, позволяющий пользователям: 1) создавать открытые (публичные) или частично открытые профили пользователей; 2) создавать список пользователей, с которым они состоят в социальной связи; 3) просматривать и «трассировать» свой список связей и аналогичные списки других пользователей в рамках одной системы [3].

В 2014 г. фотосервис Instagram стал самой быстрорастущей социальной сетью. Об этом 21 января 2014 г. сообщило интернет-издание TechCrunch, ссылаясь на статистику Global Web Index [4]. В 2017 г. Инстаграм продолжает активно расти и развиваться. В июне 2016 г. в компании сообщили, что ежемесячная аудитория мобильного приложения выросла до 500 млн пользователей. Самое интересное то, что Россия находится на втором месте в мире по количеству пользователей [5].

Instagram – бесплатное приложение для обмена фотографиями и видеозаписями с элементами социальной сети, позволяющее снимать фотографии и видео, применять к ним фильтры, а также распространять их через свой сервис и ряд других социальных сетей [5]. Instagram позволял делать фотографии квадратной формы – как камеры моментальной фотографии Polaroid, Kodak Instamatic и среднеформатные камеры 6×6 (большинство же мобильных фотоприложений использует соотношение сторон 3:2), но с 26 августа 2015 г. Instagram ввел возможность добавлять фото и видео с ландшафтной и портретной ориентацией, без обрезания до квадратной формы [6].

Instagram также не обошел стороной и сферу интернет-маркетинга. По сравнению с другими социальными сетями (ВКонтакте, facebook) за счет специфики контента (картинки и видео) аудитория Instagram считается самой активной и вовлеченной. Также для большинства маркетологов было ясно, что в Instagram регистрируется очень платежеспособная аудитория по причине того, что полноценную деятельность в этой социальной сети можно вести только с помощью планшета или смартфона.

Кроме официальной рекламы, основным белым методом продвижения в Instagram считается размещение (посев) рекламных записей в тематических инстаграмм-пабликах и в аккаунтах популярных блоггеров. Пабликами в Instagram называют обыкновенные аккаунты, на которые подписываются пользователи с общими интересами (любители животных, уроки красоты для девушек, фанаты рока).

Проблема размещения рекламы в пабликах и у блоггеров состоит в том, что в Instagram не предусмотрено официального инструмента для поиска подходящих площадок для размещения. Поэтому искать подходящие площадки для размещения является настоящей проблемой, особенно если продукт нужно продвинуть одновременно на очень большом количестве пабликов. Для того чтобы облегчить эту задачу, были придуманы биржи для размещения рекламы в Instagram.

Рекламная биржа – это площадка-посредник, на которой администраторы сообществ и блоггеры размещают свои площадки, а рекламодатели выбирают подходящие площадки для размещения рекламы своего продукта. Биржа рекламы дает преимущества как рекламодателю, так и владельцу рекламной площадки. Рекламодателю не приходится заниматься долгим поиском новых мест для размещения, потому что все площадки собраны в одном месте, при этом в каталоге площадок сразу видна вся статистика каждого паблика. Владелец площадки не приходится заниматься поиском новых рекламодателей, весь процесс размещения происходит буквально в один клик о согласии на размещение рекламы. Также не стоит забывать, что биржа – это некий гарант, что ни одна из сторон не будет обманута. И это только часть преимуществ, которые дает использование биржи.

Если брать во внимание обе стороны сделки на бирже, то схему взаимодействия можно описать этапами, представленными в таблице.

На практике есть множество нюансов, которые будут влиять на размещение рекламных постов: автоматическая система оплаты, формат размещения постов (видео, аудио, карусель, сторис), формат оплаты (за пост, за клики, за подписчика), отображение статистики аккаунта (СРМ, охват, среднее количество лайков и просмотров) и т.д. Все эти нюансы будут учитываться при дальнейшей разработке биржи для рекламы в инстаграм-аккаунтах.

#### **Этапы взаимодействия на рекламной бирже Instagram**

1-й этап	Владелец площадки регистрирует свой паблик или блог в каталоге биржи
2-й этап	В каталоге рекламодатель выбирает подходящую площадку, в которой он хотел бы разместить свой рекламный пост, и отправляет заявку на размещение
3-й этап	Владелец площадки рассматривает заявку на размещение и далее либо отклоняет её, либо принимает, либо выдвигает иные условия, если условия размещения ему не подходят
4-й этап	В указанное время рекламный пост автоматически публикуется в выбранной площадке и удаляется через оговоренный срок

## ЛИТЕРАТУРА

1. Дик В.В., Лужецкий М.Г., Родионов А.Э. Электронная коммерция / Моск. финансово-промышленная академия. – М., 2005. – 376 с.
2. Воронкин А.С. Социальные сети: эволюция, структура, анализ / Луганский национальный ун-т им. Тараса Шевченко. – Луганск. 2013. – 26 с.
3. Винник В.Д. Социальные сети как феномен организации общества: сущность и подходы к использованию и мониторингу // Философия науки. – 2012. – №4 (55). – С. 110–126.
4. Самые быстрорастущие социальные сети [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://news.senfil.net/?newsid=475> (дата обращения: 05.03.2017).
5. Самые популярные сети в мире 2016 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.pro-smm.com/populyarnye-socialnye-seti-2016/> (дата обращения: 05.03.2017).
6. *Instagram* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Instagram> (дата обращения: 04.03.2017).

## WEB-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ПРОЕКТА «РОБОТ-ОХРАННИК»

*А.А. Мышанский, студент каф. ЭП*

*Научный руководитель Е.С. Шандаров, зав. лаб. робототехники  
и искусственного интеллекта  
Томск, ТУСУР, [evgenyshandarov@gmail.com](mailto:evgenyshandarov@gmail.com)*

В связи с развитием сети Интернет, а также появлением класса устройств с малыми размерами и низким энергопотреблением при относительно высоких вычислительных возможностях получило развитие направление Интернет вещей.

Работа устройств Интернета вещей базируется на взаимодействии устройств между собой, а также с пользователями по сети Интернет. Устройства чаще всего взаимодействуют по архитектуре клиент-сервер. В архитектуре клиент-сервер основная нагрузка вычислений ложится на поставщика услуг – сервер, который обрабатывает запросы и выполняет какое-либо действие от клиента. Чаще всего клиент и сервер находятся на различных машинах и взаимодействуют по сети. В качестве web-сервера выступает специальное программное обеспечение, установленное на какой-либо машине и обрабатывающее HTTP запросы пользователей. Примером такого программного обеспечения являются Apache, Nginx, Node.JS.

Node.JS [1] – программная платформа на языке C++, транслирующая программный код на языке JavaScript в машинный код, что позволяет выполнять JavaScript код вне браузера, а также взаимодействовать с устройствами ввода-вывода и подключать сторонние модули. Чаще всего Node.JS применяется как web-сервер, однако есть воз-

возможности использовать его для создания desktop-приложений. В основе Node.JS лежат принципы асинхронного и событийно-ориентированного программирования и операции с неблокирующим вводом-выводом, что позволяет достичь высокой производительности за счет отсутствия простоя процессора.

В лаборатории робототехники и искусственного интеллекта ТУСУРа был разработан проект «Робот-охранник» который дополнял статичные системы видеонаблюдения обходом определенного периметра по маршруту с видеофиксацией окружения. Для взаимодействия пользователя с роботом было решено использовать web-приложение на отдельном сервере. Web-приложение должно обладать следующими возможностями:

1. Подсистема отображения интерфейса пользователя.
2. Подсистема авторизации.
3. Подсистема загрузки видеоматериала с робота.

В качестве основы web-приложения был выбран фреймворк Express [2], базирующийся на модуле http и содержащий в себе функции роутинга, генерации страниц с использованием внешнего шаблонизатора и различных обработчиков запросов.

Для реализации подсистемы авторизации использовалась технология cookie [3]. При каждом запросе пользователем страницы проверялось наличие cookie с данными авторизации (логин, флаг авторизации). При подтверждении авторизации пользователю отдавалась запрашиваемая страница, если проверка авторизации пройдена не была, то пользователь перенаправляется на страницу авторизации. Страница авторизации представляет собой два поля для введения пары логин-пароль, и кнопки для отправки данных формы методом POST на сервер для авторизации. На сервере проверяется наличие пользователя в базе данных с переданной парой логин-пароль. База данных представлена в виде конфигурационного файла в формате json. Если пользователь найден, в ответ клиенту отправляется cookie с логином пользователя и флагом авторизации. Устанавливаемый cookie имеет ограничение на существование в три дня.

Так как робот отправляет отснятый материал методом POST по протоколу HTTP, то был использован дополнительный модуль для Express – FileUpload, который добавляет возможность обрабатывать POST-запросы на наличие отправленных файлов и последующей обработки этих файлов. При передаче видеофайла с робота данные сохраняются под временным именем в буфере сервера, также содержащем информацию о размере файла и его первоначальном названии. Используя методы модуля FileUpload, происходит сохранение пере-

данного файла из буфера в файловую систему, откуда в последующем видеофайл может быть запрошен и просмотрен пользователем.

Для создания интерфейса пользователя был использован шаблонизатор Handlebars.JS [4], позволяющий встраивать в статичный HTML шаблон, динамический сгенерированный HTML-код на основе данных, которые необходимо отобразить. При создании интерфейса пользователя отображаемые на странице данные изменяются, так как добавляются новые видеофайлы, поэтому используется стандартный модуль fs для получения списка всех видеофайлов в каталоге. С помощью шаблонизатора из полученного списка файлов создаются ссылки на видеофайлы, которые встраиваются в виде списка на HTML-страницу.

Данное web-приложение было установлено на машину под управлением Ubuntu Linux и протестировано в локальной сети лаборатории робототехники и искусственного интеллекта. Были произведены тесты системы авторизации, загрузки видеофайлов и запросов на главную страницу приложения. Ошибок в подсистемах обнаружено не было.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Документация* по Node.js версии 7.2.2. – Режим доступа: <https://nodejs.org/api/fs.html> (дата обращения: 16.02.2017).
2. *Express*: Справочник по API. – Режим доступа: <http://expressjs.com/ru/4x/api.html> (дата обращения: 16.02.2017).
3. *Технология* cookie. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Cookie> (дата обращения: 22.02.2017).
4. *Справочник* по шаблонизатору Handlebars.js. – Режим доступа: <http://handlebarsjs.com/> (дата обращения: 09.02.2017).

### **РОБОТИЗИРОВАННЫЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКТ «РОВОBALL»**

*Е.С. Польшцев, студент каф. ЭП*

*Научный руководитель Е.С. Шандаров,*

*зав. лаб. робототехники и искусственного интеллекта*

*Томск, ТУСУР, egoleo@mail.ru*

*Проект ГПО ЭП-0703 «Видео по запросу»*

Использование современных информационных технологий может значительно изменить образовательный процесс.

В 2016 г. компания «Научные развлечения» представила свой проект GloboRobo. Вдохновившись этой идеей, мы решили создать похожий продукт с расширенной функциональностью.

Разработка представляет собой полупрозрачный шар со встроенной управляющей платой Intel Genuino 101. Данная платформа представляет собой микроконтроллерную плату класса Arduino Uno с трехосевым гироскопом, акселерометром и Bluetooth-модулем на борту. Внутри шара размещены подключенные к плате шесть RGB-светодиодов.

Комплект RoboBall предполагается использовать как самостоятельный прибор (в этом случае задействуются показания датчиков и RGB-светодиоды), так и в паре с персональным компьютером. Связь с компьютером производится через Bluetooth. В комплекте поставляется программное обеспечение, позволяющее проводить анализ данных, получаемых ПК через канал Bluetooth, на их основе строить графики, таблицы. Наличие программируемой платы Intel Genuino 101 дает возможность использовать продукт на уроках информатики, и самостоятельно постигать азы работы с микроконтроллерами протоколом передачи данных Bluetooth и обработкой большого потока данных.

С помощью комплекта RoboBall можно проводить различные эксперименты по предметам: физика, математика, информатика, например: движение шара по горизонтальной поверхности; движение с ускорением; движение по траектории; изучение длины окружности; использование шара в качестве груза маятника; изучение спектра видимого света; изучение вибраций; изучение свободного падения и пр. В дальнейшем, развитие комплекта может идти по пути создания приложения для смартфона, также комплект может использоваться как игрушка.

Стоимость комплекта предполагается невысокой.

## **РОБОТ ДЛЯ УЧАСТИЯ В ROBOCUP JUNIOR RESCUE НА БАЗЕ INTEL EDISON**

***П.Е. Пугачев, А.А. Климов, студенты каф. ЭП***

*Научный руководитель Е. С. Шандаров,*

*зав. лаб. робототехники и искусственного интеллекта*

*Томск, ТУСУР, evgenyshandarov@gmail.com*

Соревнования по робототехнике – относительно новый вид научно-технических мероприятий. Самым крупным и старым является RoboCup. Впервые проведенные в 1997 г., эти соревнования развивают робототехнику, искусственный интеллект и другие области науки и техники.

На сегодняшний день насчитывается более десятка различных регламентов от футбола ростовых антропоморфных роботов до соревнований помощников по дому. Одним из перспективных регламентов является лига роботов-спасателей Robocup Rescue, этот регламент создан для отработки технологии по созданию роботов для спасения людей из зон природных катаклизмов и техногенных катастроф. Во взрослой лиге участвуют команды студентов и учёных со всего мира, соревнуясь на полигоне, имитирующем реальную ситуацию. Также этот регламент есть в состязаниях для школьников – Robocup Junior Rescue. Задачей участников является прохождение полосы препятствий и спасение условных пострадавших [1].

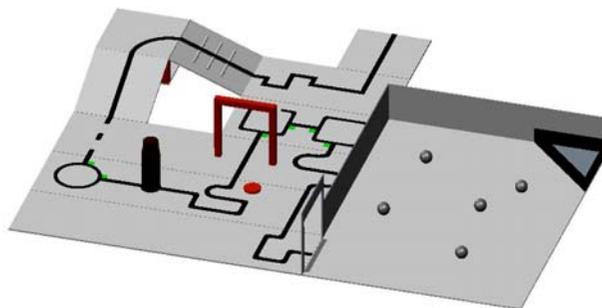


Рис. 1. Пример трассы Robocup Junior rescue

Регламентом не ограничиваются используемые платформы для постройки робота, многие команды выбирают как Arduino, так и Lego Mindstorms.

Lego Mindstorms – очень популярная платформа в основном из-за того, что она позволяет любому школьнику, имея на руках один набор, создать полноценного робота, выполняющего какую-либо задачу [2], но имеет ряд ограничений: недостаточную прочность соединений, низкие вычислительные мощности.

Arduino тоже очень популярная платформа [3], но, в отличие от Lego mindstorms, не обладает набором всех необходимых деталей и потому многие компоненты необходимо самостоятельно изготавливать, а также невысокое быстродействие тоже не улучшает качество платформы.

Недавно компания Intel выпустила на рынок новую плату – Intel Edison, её основной особенностью стало наличие как микрокомпьютера под Linux, так и микроконтроллера на одной плате, а большие вычислительные мощности открывают большой простор для дейст-

вий. И хотя плата не обладает набором конструктивных элементов, входящих в комплект поставки, её вычислительные мощности превосходят конкурентов [4].



Рис. 2. Плата Intel Edison

Каждый год правила RoboCup усложняются, и платформы, используемые сегодня, не будут удовлетворять требованиям последующих лет, поэтому необходимо выбирать платформу с запасом по вычислительным мощностям и возможностям. Вполне возможно, что через пару лет потребуется использовать полноценное техническое зрение, что на сегодня недоступно ни Lego, ни Arduino.

Для создания робота отвечающего задачам соревнований, был выбран набор Makeblock ultimate robot kit, обладающий конструктивными элементами, двигателями постоянного тока; алюминий, используемый в деталях, обеспечивает достаточную прочность и лёгкость конструкции.

В целях лучшей манёвренности и мощности платформы была выбрана конструкция с четырьмя колёсами с ременной передачей и двигателем постоянного тока на каждое колесо.

Для прохождения лабиринта и нахождения пострадавших было принято решение использовать ПЗС-линейку, работа с которой осуществляется на аппаратном уровне, формируется синхроимпульс (SI), импульс для снятия напряжения с фоточувствительных элементов (CLK) и получения аналогового сигнала (AI) [5].

Intel Edison позволяет писать программы на множестве различных языках программирования, нами был выбран node.js, его синтаксис позволил нам использовать старые наработки и с минимальным изменением применить их в настоящей работе. Также для node.js есть

библиотека MRAA, позволяющая управлять двигателями напрямую из микрокомпьютера, что значительно упрощает код и как следствие увеличивает его надёжность.

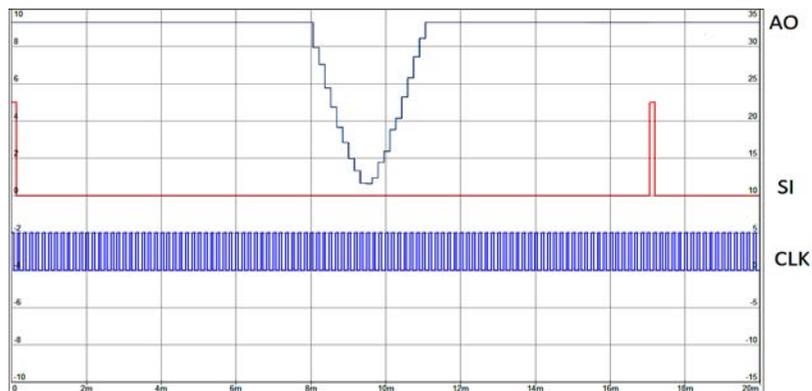


Рис. 3. Осциллограммы сигналов, взаимодействующих с камерой

Разработанный робот успешно прошёл испытания на поле RoboCupJunior Rescue в лаборатории. Испытания прошли успешно, выявилась потребность в улучшении алгоритма для повышения стабильности работы робота.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Robocup* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://en.wikipedia.org/wiki/RoboCup> – свободный. – Заголовок с экрана (дата обращения: 05.10.2016).
2. *Мобильные роботы* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://postnauka.ru/video/34424> (дата обращения: 05.09.2016).
3. *Робототехника* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Робототехника> – свободный. – Заголовок с экрана (дата обращения: 05.12.2016).
4. *Datasheet search site for Electronic Components and Semiconductors and other semiconductors* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.alldatasheet.com/> – свободный. – Заголовок с экрана (дата обращения: 05.11.2016).
5. *Якушин Д.О.* Программное и аппаратное решение для автономной модели гоночной машины freescale smart car: диплом. Раб., 2013 (дата обращения: 06.08.2016).

## АРХИТЕКТУРНАЯ СРЕДА ПРОГРАММИРОВАНИЯ

*И.Ю. Слепцов, студент каф. АСУ*

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

Архитектурная среда программирования – это язык объектного моделирования в области программного обеспечения. В общем представлении данная среда – это строительные блоки программы и связи между ними.

**Задача.** Спроектировать и создать программу, которая будет более простой в использовании по сравнению с аналогами, а также менее требовательной к уровню знаний в области программирования. Способы использования архитектурной среды программирования можно описать по нарастающей степени пользования (каждое из последующих применений вбирает возможности ранее описанных уровней).

1. Первый уровень – эскизное моделирование.

Это применение можно сравнить с наброском, по которому можно производить связь между проектировщиком и заказчиком. Язык, понятный обеим сторонам, позволит избежать недопонимание и некорректное понимание одной из сторон. Появится возможность производить анализ требований, проектирование и документацию без перевода программного языка на язык заказчика и наоборот.

2. Второй уровень – проектирование.

Данное применение сравнимо с чертежом. Использование этой среды позволит избежать ошибок при работе проектировщика над программой. Здесь появляется возможность отслеживать этапы разработки, основываясь на иллюзорном представлении проектируемой программы.

3. Третий уровень – программирование.

Последнее использование является самым интересным. Здесь проектировщик задает весь функционал своего проекта, а написание кода программы оставляется за оперативной системой. Основным преимуществом данной системы является легкий выход из нее, в любой момент проектирования возможен выход к привычному языку программирования (и/или проектирования).

**Особенности.** Главной особенностью архитектурного программирования является его внешнее представление для пользователя. Архитектура ПО представляет собой многоуровневую систему абстракций. На каждом уровне абстракции сотрудничают друг с другом, имеют четкий интерфейс с внешним миром. Качество абстракции зависит от пяти критериев: зацепление, связность, достаточность, полнота и примитивность.

**Программная составляющая.** Работа в программе представляет собой составление «блок-схем» из объектов-блоков, описание свойств и добавление параметров данных объектов.

Программную составляющую можно условно разделить на следующие компоненты:

1. Проверка на ошибки составления схемы. На основе полученных данных об объектах и связях производится первичная проверка (конечность алгоритма, присутствие несвязных блоков и т.д.).

2. Генерация кода. На основе имеющихся данных происходит перевод схемы на язык программирования

3. Компиляция. Последний этап в обработке имеющейся системы. После компиляции пользователь оповещается о завершении работы компилятора и об информации к реализованному коду. На основе этих данных пользователь может переделать свою программу.

Microsoft Visual Studio – одна из интегрированных сред разработки, разработана на C++ и C#, поддерживается Windows. Geany – также интегрированная среда разработки ПО, поддерживается на Linux и Mac, Windows. Komodo была написана на JavaScript, XUL, Python работает на операционных системах Linux, Windows и Mac. Klix – интегрированная среда, функционирует на Linux, работает с C, C++. Netbeans интегрированная среда разработки ПО. Подобные системы позволяют эффективно разрабатывать программы, но включают в себя много ручного труда [1–5].

Нами предлагается разработать программу согласно структуре, представленной на рис. 1.



Рис. 1. Структура разрабатываемого программного комплекса

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кристофер Э. Экскурсе в историю программных технологий // Открытые системы. – 2008. – №10. – С. 23–29

2. Свердлов С.З. Языки программирования и методы трансляции: учеб. пособие. – СПб.: Питер, 2007. – 245 с.

3. Официальный сайт платформы Eclipse [www.eclipse.org](http://www.eclipse.org) –

4. Липаев В.В. Тестирование крупных комплексов программ на соответствие требованиям. – М.: ИПЦ «Глобус», 2008. – 376 с.

5. Соммервилл И. Инженерия программного обеспечения. – М.: Вильямс, 2002. – 624 с.

## ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ХОДЬБЫ ЧЕЛОВЕКА ПО ДАННЫМ АКСЕЛЕРОМЕТРА

*Р.А. Чернов, магистрант*

*Научный руководитель М.Ю. Катаев, проф. каф. АСУ, д.т.н.  
Томск, ТУСУР, каф. АСУ, chernruslan@gmail.com*

Отслеживание движений тела человека – это задача, которая с переменным успехом решается уже не одну тысячу лет. Отслеживание и анализ движения человека могут применяться во многих областях: медицина, спорт, военная подготовка, автомобилестроение и т.д. Анализ движения тела человека в основном проводился с использованием компьютерного зрения и алгоритмов обработки изображений. Но у данного метода помимо достоинств есть недостатки:

- видеосъемку нужно вести с нескольких ракурсов;
- зачастую требуется размещение маркеров на теле;
- необходимо дорогостоящее аппаратное обеспечение (видеокамеры);
- нужны хорошие вычислительные мощности и соответствующий программный продукт для преобразования видео в модель движения человека;
- человек не может двигаться свободно на большие расстояния, иначе он неминуемо выйдет за пределы зоны видеосъемки;
- кроме объекта измерения, нужен коллектив специалистов, т.е. отсутствует доступность в любом месте.

Поэтому использование инерционных датчиков, а именно акселерометров, в сравнении с видеосъемкой имеет ряд преимуществ:

- не требуется размещение маркеров на теле;
- стоимость значительно меньше;
- может использоваться в повседневном движении;
- измерения проводятся сразу в 3 плоскостях;
- обработка полученных данных требует значительно меньше ресурсов.

Единственный недостаток использования акселерометра для оценки параметров ходьбы человека – это влияние внешних помех на точность измерений.

Ходьба человека – автоматизированный двигательный акт, осуществляющийся в результате сложной координированной деятельности скелетных мышц туловища и конечностей [1]. Полный цикл ходьбы – период двойного шага – складывается для каждой ноги из фазы опоры и фазы переноса конечности (рис. 1).

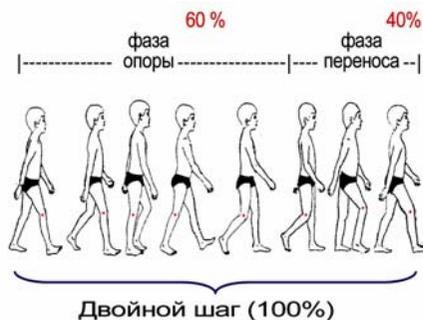


Рис 1. Полный цикл ходьбы

Ходьба человека напрямую связана с функционированием отделов опорно-двигательного и мышечного аппаратов, центральной и периферической нервными системами. При нарушениях в функционировании ЦНС могут возникнуть различные двигательные расстройства: шаркающая, сменяющая походка, толчкообразные движения [2]. Сравнивая данные о походках здорового человека и человека с синдромом Паркинсона (рис. 2), можно увидеть явные отличия.

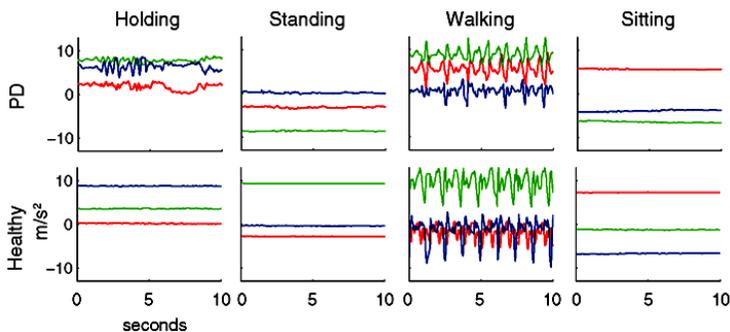


Рис. 2. Сравнительный пример данных с акселерометра о движениях человека с синдромом Паркинсона и здорового человека

Используя акселерометры для оценки параметров походки человека, можно получить данные по трем осям  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ . На рис. 3 показана типичная структура измерений по осям  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  одного цикла ходьбы, что соответствует вертикальному, прямому и боковому ускорению идущего человека. Каждая ось изменяется независимо от того, как установлен датчик, поэтому обнаружение пиков по всем трем осям с помощью алгоритмов имеет важное значение для нахождения параметров ходьбы или бега.

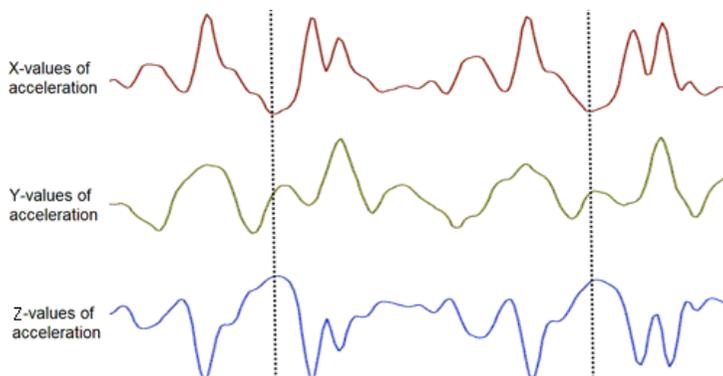


Рис. 3. График изменения ускорений по осям  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  одного цикла ходьбы идущего человека

Таким образом, изучив разные параметры походки человека с помощью данных, полученных от акселерометра, можно увидеть индивидуальные особенности конкретного человека. Полученные параметры позволяют выявить нарушения в походке человека, что является признаком наличия возможной болезни. Дальнейшее изучение данной темы позволит получать и обрабатывать данные о походке, необходимые для диагностирования возможных нарушений опорно-двигательной системы человека.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Дубровский В.И., Федорова В.Н. Биомеханика: учеб. для высших и средних заведений. – М.: ВЛАДОС\_ПРЕСС, 2003. – 672 с.
2. Степанов И.П., Монахов Ю.С. Исследование влияния механики движения тазобедренного сустава на ходьбу человека при разработке имитатора походки человека // Приволжский научный вестник. – 2014. – № 12-1 (40).
3. Казанцев А.Г. Идентификация человека по походке с использованием носимых сенсоров. Обзор исследований // Математические структуры и моделирование. – 2013. – №2. – С. 103–111.

### ВЛИЯНИЕ ВЕТРА НА ЛИНЕЙНЫЕ РАЗМЕРЫ ПЯТНА ОБЛАСТИ СЪЁМКИ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

**Р.С. Чирцов, студент магистратуры ФСУ**

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

*Томск, ТУСУР, rom4es\_1993@mail.ru*

Метеорологические факторы оказывают существенное влияние на взлет, посадку и полет по маршруту летательных аппаратов, не

исключением из правил являются и беспилотные летательные аппараты (БПЛА): в одних случаях это влияние благоприятное, в других – крайне нежелательное. Однако в любом случае оператору БПЛА перед вылетом следует тщательно изучить фактические и ожидаемые значения метеорологических параметров.

Такой фактор, как ветер, может прямым образом влиять на траекторию полёта БПЛА. Так, в задаче составления карты местности по фотоснимкам с БПЛА необходимо совершить облёт исследуемой территории. Оптимальным маршрутом для решения такой задачи считается «параллельный» маршрут (рис. 1). Его рекомендуется использовать при аэрофотосъемке участков местности [1]. Маршрут прокладывается так, чтобы края поля зрения камеры перекрывали соседние поля примерно на 15–20% (для дальнейшей склейки фотоснимков).

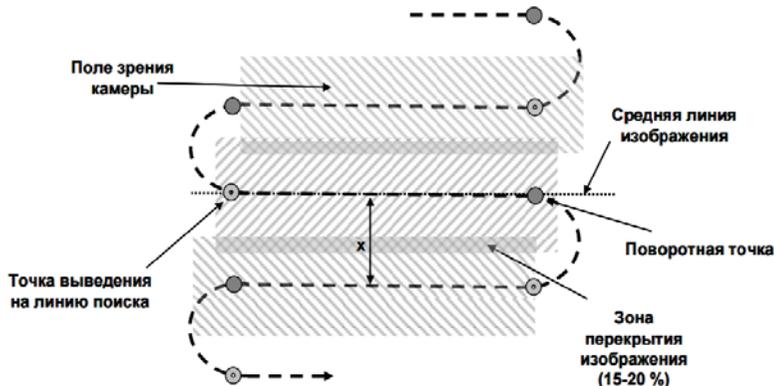


Рис. 1. «Параллельный» маршрут БПЛА

Камера БПЛА имеет угол обзора  $\alpha$ . Без внешних воздействий камера БПЛА наклонена перпендикулярно поверхности (рис. 2), и пятно области съёмки будет иметь ширину  $a$  и форму квадрата.

Но под воздействием ветра, этот маршрут непременно будет отклоняться от запланированного. Ветер вызовет отклонение БПЛА на некоторый угол  $\beta$ , и пятно области съёмки будет менять свой размер и форму (рис. 3). Можно заметить, что размеры пятна съёмки при этом увеличатся ( $a' > a$ ).

Таким образом, размер пятна области съёмки зависит от трёх параметров: высоты ( $h$ ), угла обзора БПЛА ( $\alpha$ ) и угла наклона БПЛА ( $\beta$ ). Его размер можно найти следующим образом:

$$\operatorname{tg}(\alpha) = a/h, \quad a = h \cdot \operatorname{tg}(\alpha).$$

Влияние угла наклона БПЛА на размеры пятна съёмки можно представить в виде графика (рис. 4).

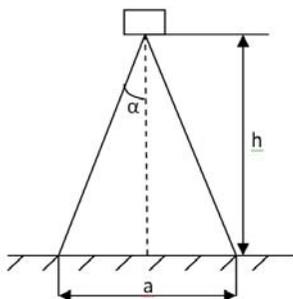


Рис. 2. Пятно области съёмки без влияния ветра

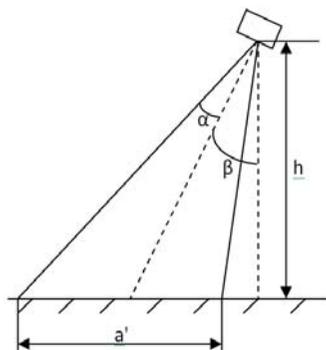


Рис. 3. Пятно области съёмки при влиянии ветра

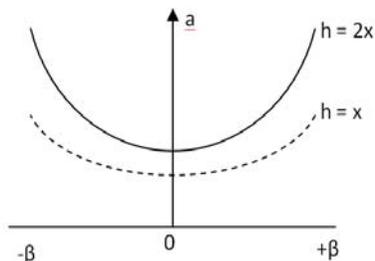


Рис. 4. Влияние угла наклона БПЛА ( $\beta$ ) на размеры пятна съёмки ( $a$ )

Таким образом, необходимо учитывать влияние ветра при построении маршрута полёта БПЛА.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ковалев Н.А. Методика применения БПЛА для авиационного патрулирования локальных территорий лесного фонда. – М., 2010. – 28 с.

#### АНАЛИЗ ПОХОДКИ ЧЕЛОВЕКА С ПОМОЩЬЮ СМАРТФОНА

*А.С. Савина, Е.М. Шатова, студентки*

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

*Томск, ТУСУР, ekaterina31031@mail.ru*

В наше время миллионы людей ведут сидячий образ жизни. Мы сидим на работе, учебе, а придя домой, усаживаемся перед компьютером или телевизором. Отражается ли это на нашем здоровье? Безусловно! И, к сожалению, не самым лучшим образом. В XXI в. порта-

тивные устройства (мобильные телефоны, смартфоны, планшетные компьютеры и т.д.) стали неотъемлемой частью нашей жизни. Телефон, оснащенный акселерометром, который позволяет замерять все необходимые данные для построения модели походки человека, есть даже у ребенка. Так почему бы это не использовать и не разработать приложение, которое сможет проанализировать походку человека, и указать ему на возможные проблемы.

Известно, что фигура человека, при своем движении во времени претерпевает множество изменений, многие из которых являются типичными для большинства людей, а отклонения могут служить информацией для изучения соответствующих патологий. В рамках данной задачи мы будем собирать несколько значений акселерометра, анализировать, составлять статистику человеческой походки и на основе этих данных составлять персональную статистику пользователя.

Целью данной работы является разработка программного обеспечения под устройства на платформе Android (рис. 1), подтверждающая уникальность походки человека и выявляющая проблемы, связанные с ней.

Рис. 1. Измеряемые акселерометром ускорения по координатам  $\{XYZ\}$



В рамках нашей цели необходимо было разработать приложение для смартфона на платформе Android. Чтобы достичь этой цели, нужно было изучить новый для нас язык java, а также новую среду программирования Android Studio, разобраться с основными методами и классами в данном языке. Помимо этого, изучить принцип работы акселерометра, а также найти и обработать материал, связанный с походкой человека, с чем мы удачно справились.

Следующим шагом планируется автоматизировать выделение шаблона и научиться распознавать движение человека по уже имеющимся шаблонам. Учитывая непостоянство движения и погрешности устройств, систему автоматизации нужно будет построить с возможностью самообучения. Кроме этого, шаблонам будет присвоен ряд других параметров в зависимости от решаемой задачи (рис. 2).

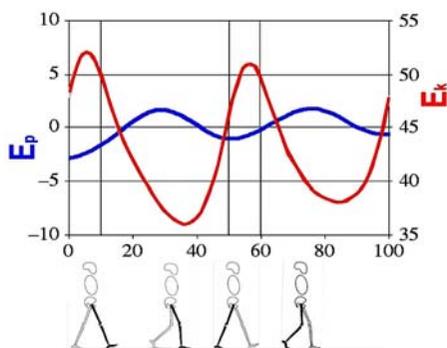


Рис. 2. Изменение кинетической и потенциальной энергии во время движения человека

Помимо этого, планируется вывод диаграммы и сравнение его с эталоном, наглядно показывающим выявленную проблему. Например, на рис. 2 приведены изменения кинетической  $E_k$  и потенциальной энергии  $E_p$  во время движения человека. Эти изменения вычисляются на основе измерений акселерометром смартфона колебаний центра тяжести фигуры человека.

**Заключение.** Работая с акселерометром понимаешь, что это достаточно глубокая тема. С помощью акселерометра можно создавать разного рода жесты, что, несомненно, упрощает и улучшает смартфон. Также пользователь получает много разных дополнительных функций. На данный момент мы уже научились собирать данные с датчиков и выводить. Следующим этапом будет обработка и анализ данных.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Разработка мобильных приложений под Android.* – Режим доступа: <http://www.test-uz.ru/files/videocourse/android/Lab/Android.pdf>

### KINECT. ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ДВИЖЕНИЙ В НАЖАТИЕ КЛАВИШ

*А.Е. Шицов, студент*

*Научный руководитель М.Ю. Катаев, проф. каф. АСУ, д.т.н.  
Томск, ТУСУР, artemshitsov@gmail.com*

У всех нас так или иначе есть представление о будущем. Машины, летающие самостоятельно, роботы, гуляющие среди людей, умные дома, оборудованные устройствами, реагирующими на наши движения, интонации в голосе, мысли.

Технологическое развитие периферии для персональных компьютеров и текущих игровых консолей позволяет обычным пользователям использовать такие невероятные функции, как захват движения и обработка голоса в реальном времени. И хотя технология существует довольно давно и на рынке все больше «виртуальных помощников», функции ограничиваются использованием манеры речи и интонаций. А что, если нам хочется по мановению руки включить телевизор? Или поставить в воздухе большой крест и закрыть программу? А что, если в виртуальной игре мы хотим кинуть огненный шар, не нажимая клавишу, а проделывая данное действие лично в реальном мире?

Данное программное обеспечение позволит нам использовать технологию захвата движения почти с любым другим программным продуктом без дополнительной его модификации. А с быстро развивающимся рынком очков и контроллеров для виртуальной реальности можно улучшить и так достаточно неплохое определение движения в них. В данный момент считываться может только положение самого шлема виртуальной реальности и контроллеров, а что если будет учитываться движения всего тела?

Задачей проекта стало создание такого приложения для персонального компьютера, чтобы можно было использовать движения своего тела в любой прикладной программе, не изменяя её. Самым простым и очевидным решением стало распознавание движения и преобразование его в «нажатие клавиши», как если бы вы использовали стандартную клавиатуру, или в «поворот манипулятора», если бы вы использовали мышь. Определим устройство проекта: Microsoft Kinect – аксессуар для игровой приставки Xbox 360, который может быть использован с персональным компьютером с помощью переходника Kinect for Windows. Могут также быть использованы выпущенный в ограниченном издании Microsoft Kinect for Windows v2 и Microsoft Kinect 2.0 для консолей Xbox One.

Сначала движения пользователя подаются через сенсоры во внутреннюю обработку устройством (стабилизация модели движения и перевод аналоговых сигналов в цифровые). Далее вся информация дополнительно обрабатывается в программе, после чего используется для инициализации определенных команд, соответствующих ранее настроенным параметрам (рис. 1).

Далее программа подает, согласно командам, сигналы на используемое устройство/продукт, будь то аналоговый контроллер или другая программа. Например, обработав движение и сопоставив его с сигналом «стрелка влево», программа симулирует нажатие данной клавиши на клавиатуре, что позволит виртуальному водителю повер-

нуть руль влево (т.е. проявить реакцию на нажатие вышеописанной клавиши). В конце программа (опционально) выводит «скелет движения» пользователя в реальном времени. Это может использоваться как для настройки, обнаружения неисправностей / несовместимостей, так и просто для эстетического удовольствия.

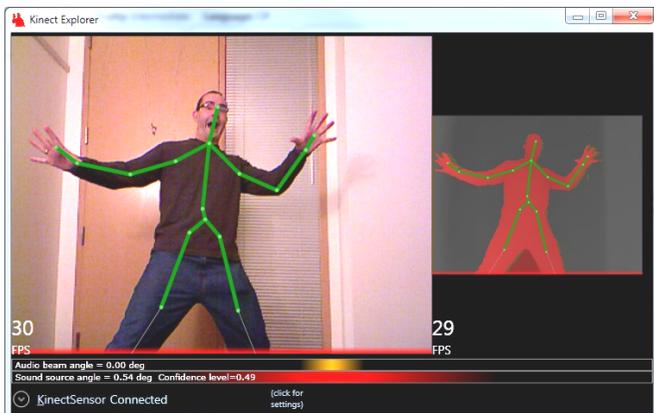


Рис. 1. Скелетная форма фигуры человека в процессе его движения

Данная разработка может быть прежде всего использована в игровой индустрии. Её можно использовать в качестве контроллера, расширяющего возможности пользователя/игрока, а также в качестве устройства для обработки движений до 6 человек. Также возможно использование в медицине для людей с ограниченными возможностями или в качестве дополнительного инструмента для медицинских работников. В спорте разработка может использоваться для симуляции реальных событий и отработки техник, приёмов и т.д.

## **ПОДСЕКЦИЯ 3.2**

### **РАСПРЕДЕЛЁННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ**

*Председатель секции – Сенченко П.В., декан ФСУ,  
доцент каф. АОИ, к.т.н.*

### **РОЛЬ КОНТРОЛЯ ИСПОЛНИТЕЛЬСКОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СИСТЕМЕ ДОКУМЕНТООБОРОТА**

*М.А. Ермолова, магистрант каф. АОИ  
Томск, ТУСУР, mashenka\_ermolova@sibmail.com*

Движение документов, или документооборот, является основополагающей частью процессов управления. Целью документооборота является осуществление контроля над информацией при принятии управленческих решений. К такой информации могут относиться приказы, распоряжения, уведомления о некоторых изменениях в учреждении.

Контроль – это вид управленческой деятельности, задачей которой является оценка и учет результатов работы организации [1].

Процесс контроля представляет собой замкнутый цикл, который охватывает все уровни руководства. Он состоит из следующих четырех этапов:

1. Установление стандартов, по которым будут оцениваться общие результаты деятельности организации.

2. Оценивание реального состояния дел на всех уровнях управления.

3. Сопоставление фактических результатов деятельности с ранее разработанными стандартами.

4. Предпринимаются соответствующие корректирующие действия (если результаты деятельности соответствуют стандартам, то не требуются никакие шаги, кроме поощрения работников; если же результаты деятельности не соответствуют стандартам, корректирующие действия могут состоять в улучшении собственно деятельности, установлении новых стандартов, перепланировании, реорганизации или переориентации) [2].

В управленческой деятельности имеются следующие два основных вида контроля:

1. Государственный контроль – деятельность уполномоченных органов государственной власти (федеральных органов исполнительной власти и органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации), направленная на предупреждение, выявление и пресечение нарушений юридическими лицами, их руководителями и иными должностными лицами, индивидуальными предпринимателями, их уполномоченными представителями требований, установленных федеральными законами и принимаемыми в соответствии с ними иными нормативными правовыми актами Российской Федерации, законами и иными нормативными правовыми актами субъектов Российской Федерации [3].

2. Корпоративный контроль – вид корпоративных отношений, при котором участник корпорации способен оказывать определяющее воздействие на принятие стратегических и оперативных решений контролируемой корпорации [4].

В свою очередь, государственный контроль подразделяется на следующие четыре вида:

1. Контроль, осуществляемый Президентом Российской Федерации (президентский контроль). Президент Российской Федерации осуществляет контроль в процессе функционирования и взаимодействия Правительства Российской Федерации с другими органами государственной власти.

2. Контроль, осуществляемый органами представительной (законодательной) власти (парламентский контроль) – обеспечение исполнения федерального законодательства и законов субъектов Российской Федерации. Он осуществляется палатами Федерального собрания Российской Федерации, законодательными (представительными) органами государственной власти субъектов Российской Федерации.

3. Контроль, осуществляемый органами исполнительной власти Российской Федерации, – проведение ревизий и проверок фактического состояния дел, заслушивание отчетов должностных лиц, проверка жалоб. Контроль осуществляется Правительством Российской Федерации, федеральными министерствами и иными федеральными органами исполнительной власти Российской Федерации, а также органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации.

4. Судебный контроль – это деятельность судов, в ходе которой осуществляется проверка законности и решений органов государственной власти или должностных лиц.

Рассмотренная классификация упускает контроль исполнительной дисциплины. Он относится как к государственному контролю, так и к корпоративному, предусматривает исполнение распоряжений,

приказов высших должностных лиц и включает в себя контроль исполнения документов.

Контроль исполнения документов – это совокупность действий, обеспечивающих своевременное исполнение документов [5]. Он должен осуществляться определенными лицами: лицом, осуществлявшим данную деятельность по всему учреждению, и помощником по контролю. Рассматриваемый контроль нужен для установления в учреждении большего внимания важным документам и улучшения эффективности в исполнении документов.

На документах, которые подлежат контролю, помощник по контролю должен проставить штамп «Контроль». Помощник по контролю нужен для информирования о ходе исполнения документа лицу, которое контролирует исполнение данного документа во всем учреждении. Данные документы могут быть на определенный срок и на неопределенный. Если документ не был исполнен в срок, который ему был дан, то продлить может только руководитель учреждения, но не позднее двух дней до истечения срока исполнения. По истечении определенного срока (месяц, год или три года) лицо, контролирующее срок исполнения документов, должно предоставить результаты исполнения документов начальнику или руководителю учреждения по каждому работнику в виде отчета. Данный отчет будет показывать, справляется ли работник с возложенными на него обязанностями. В случае ненадлежащего исполнения или невыполнения своих должностных обязанностей руководители могут сделать замечание, объявить выговор или объявить предупреждение о неполном должностном соответствии. Если работник и дальше относится к работе халатно, то руководитель может понизить в должности или уволить такого работника [6].

Для более детального рассмотрения контроля исполнения документов целесообразно построить модель контроля исполнения документов (рис. 1):

П1 – документы, которые необходимо поставить на контроль.

Существуют следующие элементы управления:

С1 – должностные инструкции;

С2 – правила постановки на контроль;

С3 – организация контроля в учреждении.

Существуют следующие механизмы:

М1 – исполнитель;

М2 – секретарь;

М3 – начальник;

М4 – начальник (подразделения, отдела, комитета);

- M5 – автоматизированные информационные системы;
- M6 – лицо, контролирующее исполнение документов, в целом;
- M7 – помощник по контролю.
- O1 – исполненные документы.

Построенная выше модель состоит из шести блоков: постановка на контроль, исполнение документов, регулирование хода исполнения, продление срока исполнения, снятие с контроля и обобщение результатов исполнения документов. Данная модель показывает контроль исполнения документов, возможный при реализации деятельности как государственного органа, так и предприятия. В связи с тем, что некоторые документы являются важными составляющими для учреждения, за ними должен вестись контроль. Стоит отметить, что стадии контроля исполнения документов должны придерживаться порядку, как они представлены на рис. 1.

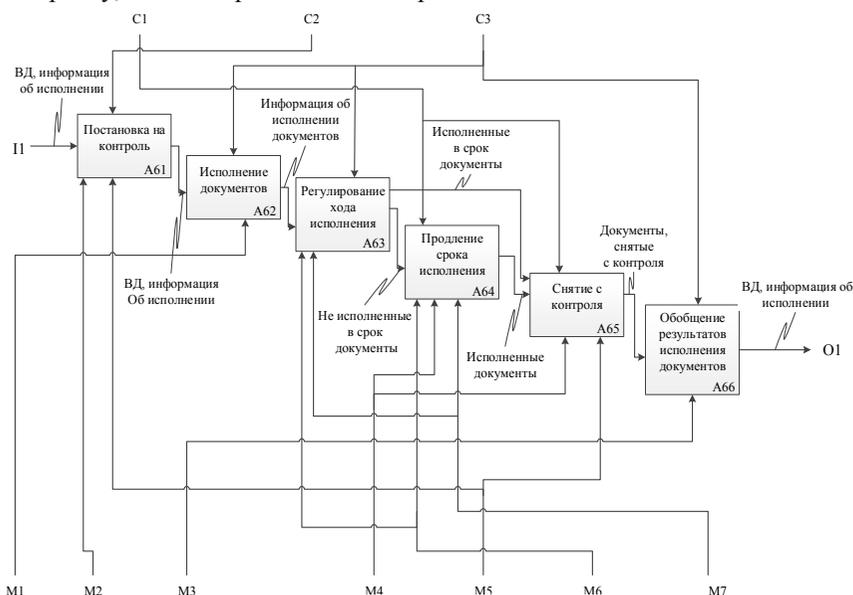


Рис. 1. Контроль исполнения документов

### ЛИТЕРАТУРА

1. *Контроль* как функция управления [Электронный ресурс]: сайт Центра креативных технологий. – Режим доступа: <https://www.inventech.ru/lib/management/management-0032/> (дата обращения: 24.02.2017).
2. *Абдукаримов В.И.* Оценка труда и контроль исполнения поручений в системе менеджмента // Вестник ТГУ. – 2011. – Вып. 12. – С. 524–528.
3. *О защите* прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при осуществлении государственного контроля (надзора) и муниципаль-

ного контроля [Электронный ресурс]. – Федеральный закон № 294-ФЗ (в ред. от 26.12.2008). – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

4. *Лавров М.В.* Риск в сфере корпоративного контроля: гражданско-правовые аспекты: дис. ... канд. юрид. наук. – Волгоград, 2005. – 200 с.

5. *Национальный стандарт Российской Федерации.* Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Делопроизводство и архивное дело. Термины и определения [Электронный ресурс]. – Государственный стандарт Р 7.0.8–2013 (в ред. от 01.03.2014 г.). – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

6. *Сенченко П.В.* Документационное обеспечение управленческих решений / П.В. Сенченко, Ю.П. Ехлаков, В.Е. Кириенко. – Томск: Том.гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2011. – 175 с.

## **ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ГЕОДАННЫХ**

***М.Г. Крашенинников, П.Ю. Найданов, И.В. Скляр, магистранты каф. АОИ***

*Научный руководитель Ю.Б. Гриценко, доцент каф. АОИ, к.т.н.  
Томск, ТУСУР, [ibg@tutoma.tusur.ru](mailto:ibg@tutoma.tusur.ru)*

Информационные технологии – двигатель прогресса многих направлений развития современного общества, эти технологии позволяют в режиме реального времени получать актуальную информацию об относительном давлении, тенденциях на рынках торговли и услуг, экологических проблемах в мире и др. Очень часто по причине присутствия большого количества информационных потоков такие знания очень трудоемко обработать, сделать какие-либо выводы, или зачастую определенные данные становятся недоступными. Возможность упорядочить и сделать информацию более наглядной предоставляют геоинформационные системы. Такие программные комплексы сегодня внедряются повсеместно, системы с привязкой к географическому положению дают много возможностей. Примечательно, что геоинформационные системы сегодня используют не только учреждения, занимающиеся обработкой пространственно-организованных данных, но и частные лица для удовлетворения своих определенных потребностей. Например, многие автолюбители сегодня не представляют путешествие без навигатора, пользователи смартфонов, вызывая такси через приложение, также не задумываясь пользуются геоинформационным приложением. Благодаря широкому распределению сфер применения таких систем интерес к области ГИС с каждым днем неуклонно растет. Особый интерес представляют веб-ориентированные геоинформационные системы [1].

Геоинформационные системы (ГИС) – многофункциональные средства анализа сведенных воедино табличных, текстовых и картографических данных бизнеса, демографической, статистической, земельной, муниципальной, адресной и другой информации. Главное преимущество ГИС перед другими информационными технологиями заключено в наборе средств создания и объединения баз данных с возможностями их географического анализа и наглядной визуализации в виде разных карт, графиков, диаграмм, прямой привязке друг к другу всех атрибутивных и графических данных. По сфере использования ГИС не имеют себе равных. Они применяются в транспорте, строительстве, навигации, науке, геологии, географии, военном деле, топографии, экономике, изучении, прогнозе погоды.

Именно наглядная визуализация позволяет ускорить процесс обработки геопространственной информации. Одним из главных свойств хорошей геовизуализации является то, что она не перегружена различными дополнительными визуальными элементами, которые не имеют отношения к удовлетворению информационной потребности пользователя. Таким образом, можно определить хорошую геовизуализацию как способ представления разнородных данных, который обеспечивает наиболее эффективное восприятие, обработку и изучение этих данных зрительной системой и мозгом человека.

Можно выделить несколько компонентов, составляющих качественную геовизуализацию:

- данные – качественная визуализация основывается только на хорошо обработанных и проверенных данных;
- технологии – современные технологии упрощают обработку больших объемов данных и делают возможным то, чего невозможно было бы сделать вручную;
- дизайн – процесс создания, конструирования карты и осознанное стремление сделать карту удобной и понятной для пользователей.

Ни одна карта не может быть картой, если она не содержит данных. Данные получают приставку «гео» в тот момент, когда у информации появляется привязка к местности и её можно отобразить на карте. Обычно привязку объекта к местности осуществляют с помощью географических координат – долготы и широты, а там, где требуется трехмерное представление, указывают еще и высоту. Геоданные разделяют на два основных типа: растровые и векторные.

Существующие на сегодняшний день способы визуализации картографических изображений в рамках веб-ориентированных ГИС предполагают реализацию функциональных возможностей визуализации данных на клиентской или серверной сторонах веб-приложения: с

использованием статических или подвижных карт (классические методы), элемента canvas HTML5, технологий Adobe Flash и SVG (альтернативные методы) [1].

В ходе разработки веб-ориентированной геоинформационной системы управления кампусом ТУСУРа был предложен и использован комбинированный метод визуализации данных, который является дальнейшим развитием методов генерации электронных карт и предполагает сочетание основных преимуществ альтернативных и классических методов визуализации. В основе метода лежит идея сочетания двух средств визуализации – одного в рамках ПО веб-ГИС-клиента и одного в рамках ПО веб-ГИС-сервера. Такой подход позволит, с одной стороны, обеспечить функциональные возможности интеграции локальных данных ГИС с данными сторонних поставщиков (таких как Google, OpenStreetMap или Яндекс) в сочетании с доступностью и кроссплатформенностью веб-приложения, с другой – позволит работать с системой при отсутствии интернет-соединения, что может быть особенно актуально при работе с ГИС в условиях отсутствия мобильной связи или проблем, вызванных неполадками сетевого оборудования [2].

Для применения изложенного выше метода необходимо использовать технологии, которые смогут предоставить данную возможность. Исследования рынка показали наличие лидеров среди коммерческих и открытых программных продуктов ГИС. Среди них ESRI ArcIms и ArcGIS, MapInfo MapXtreme, Integraph GeoMedia WebMap, QGIS и ряд других компаний. Несколько компаний были вычеркнуты из списка ввиду своей дороговизны, другие не соответствовали критериям. Наиболее интересна система, которая смогла обеспечить удовлетворение наибольшего количества требований, – MapGuide Open Source. Это комплекс программно-технологических решений для хранения и представления картографической информации, построенной в многозвенной архитектуре, основанный на многолетних разработках Autodesk[3].

MapGuide имеет ряд преимуществ:

- открытая архитектура;
- простота установки и развертывания;
- простота создания карт;
- возможность навигации по карте;
- возможность выделения объектов;
- измерение расстояний;
- построение тематических слоев на основе правил;
- кроссплатформенность (unix, windows).

Таким образом, внедрение комбинированного метода визуализации геоданных на базе платформы MapGuide позволило охватить все составляющие компоненты качественной геовизуализации. А также применение mapGuide предоставило возможность реализовать некоторый функционал разработанной программы, например: выделение зданий, просмотр карточки объекта и др. Другими словами, эта платформа позволила просматривать, анализировать и наглядно показывать пространственно-атрибутивные данные.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Гриценко Ю.Б.* Типовые архитектурные решения геоинформационных систем ведения инженерной инфраструктуры предприятия // Ю.Б. Гриценко, О.И. Жуковский // Доклады ТУСУРа. – 2011. – № 2 (24), ч. 2. – С. 171–175.
2. *Милихин М.М.* Комбинированный метод визуализации картографических данных веб-ориентированной геоинформационной системы / М.М. Милихин, Ю.Б. Гриценко, М.М. Рычагов // Доклады ТУСУРа. – 2015. – № 1 (35). – С. 112–115.
3. *MapGuide Open Source* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mapguide.osgeo.org/> (дата обращения: 18.02.2017).

### ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ОДНОРОДНОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ СЕТИ

*А.С. Крупский, аспирант каф. АСУ*

*Научный руководитель М.Ю. Катаев, проф. каф. АСУ, д.т.н.  
Томск, ТУСУР, [kaspiyl@mail.ru](mailto:kaspiyl@mail.ru)*

Во многих случаях сети, применяемые для поддержания деятельности однотипных структурных единиц, организаций, учебных учреждений и производственных линий, являются однородными. Связано это с тем, что такая сеть, в силу однотипности элементов, проще в эксплуатации, масштабировании и дешевле в обслуживании.

Именно для этого класса сетей в предыдущих работах [1, 2] представлена линейная модель передачи данных, полученная на основе эксперимента в компьютерном классе. В виде исходных данных были взяты характеристики отдельных узла и связи сети и рассмотрены изменения в законе передачи данных для всей сети целиком, в зависимости от изменения длины связей. Модель позволяет описывать скорость передачи трафика в однородных сетях на основе проведённых замеров. Однако при таком подходе необходимо каждый раз проводить эксперименты и замеры на реальных сетях для получения углового коэффициента и величины смещения графика модели для какой-либо конкретной конфигурации сети, что не всегда возможно.



- каждый узел имеет предел памяти (40 сообщений сейчас), если предел превышен хранящимися сообщениями – сообщение считается утерянным;

- подтверждение доставки не осуществляется;

- в рамках такта одна связь может передавать одно сообщение;

- считается, что принимающий узел способен определить наличие передачи сообщения в связи мгновенно – таким образом, коллизии исключены.

В рамках моделирования была произведена подача сообщений на обозначенные на рис. 1 стрелочками узлы. Сумма принимаемых всеми узлами сообщений представлена на рис. 2.

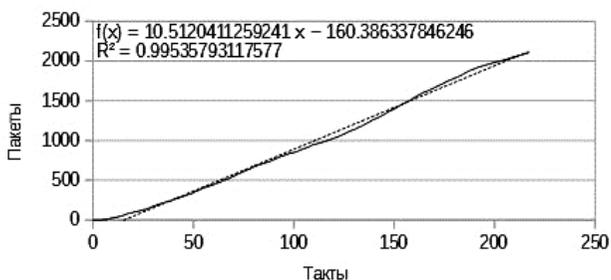


Рис. 2. Суммарное количество принимаемых сообщений

Из приведённых данных видно, что передача пакетов также описывается линейным законом. Следовательно, она может быть использована для получения параметров модели из [1, 2], что и требовалось доказать.

Следующим шагом будут произведены исследование поведения модели при изменении количества принимающих и передающих узлов, сравнение изменения углового коэффициента модели с экспериментальными данными и последующая корректировка модели.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Катаев М.Ю. Оценка пропускной способности на основе модели однородной сети / М.Ю. Катаев, А.С. Крупский // Доклады ТУСУРа. – 2015. – № 2 (36). – С. 108–112.

2. Крупский А.С., Катаев М.Ю. Применение модели однородной сети при проектировании системы видеонаблюдения // Информатика и системы управления. – 2016. – № 2(48). – С. 58–64.

## **ИНТЕРНЕТ-ПАНЕЛИ В ГОСУДАРСТВЕННОМ И МУНИЦИПАЛЬНОМ УПРАВЛЕНИИ: ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ**

*Е.А. Макридина, магистрант каф. АОИ  
Томск, ТУСУР, sinilga2303@gmail.com*

Результаты социологических опросов становятся весомыми аргументами при принятии решений в сфере государственного и муниципального управления. Их основными тематиками все чаще становятся вопросы общественной жизни, близкие каждому человеку и гражданину: проблемы развития городской среды, общественных пространств, инфраструктуры и т.д. Частота проведения социологических исследований по различным вопросам растет, и возникает необходимость облегчения процедуры их проведения. Решением этой проблемы является создание специальной респондентской базы в форме интернет-панели, которая в дальнейшем может быть оперативно использована различными структурами и органами управления муниципального образования или целого субъекта. Таким образом, ставшая уже стандартной практика проведения опросов населения органами власти может быть успешно усовершенствована посредством перевода их в онлайн-режим.

Опрос интернет-панели является в настоящее время основным инструментом международных и американских исследовательских компаний для изучения интернет-аудитории. Пока еще новая для российской социологии практика создания и применения интернет-панелей вполне обычна для США и стран Европы как одна из технологий проведения маркетинговых опросов. По сути, интернет-панель – это сформированная по специальной процедуре выборка пользователей сети Интернет, согласившихся периодически участвовать в опросах конкретного исследователя (компании, информационно-аналитического агентства).

Опыт маркетинговых компаний показывает, что сущность вопросов классических панельных онлайн-исследований близка к тем, которые, как правило, выносятся на социологические исследования, проводимые органами власти для информационно-аналитической поддержки их управленческой деятельности. Как и в случае с маркетингом, это потребительские установки и поведение (например, что хотелось бы иметь или изменить в городской среде), стиль жизни (основные предпочтения в чем-либо, частота посещений тех или иных мест, готовность посещать новые места, изменить прежние локации, участвовать в общественной жизни), анализ удовлетворенности суще-

ствующим положением дел (что не устраивает горожанина в данный момент). Кроме того, уровень компьютеризации и проникновения в России по данным исследований фонда «Общественное мнение» и Web Index группы TNS в настоящее время довольно высок и составляет около 70% [1]. Все это позволяет предполагать, что данный метод проведения социологических исследований органично впишется в систему информационно-аналитического обеспечения принятия управленческих решений.

Данная технология в управленческой сфере позволит при минимальных затратах производить оперативное изучение мнения населения и его изменение по тем или иным вопросам в течение длительного периода времени. Однако стоит понимать, что данный подход не является полноценной заменой традиционных опросов в силу ряда проблемных аспектов. В отличие от опыта маркетинговых интернет-исследований, при создании интернет-панели в области государственного и муниципального управления ставится задача репрезентировать всех жителей, а не только пользователей сети. Вероятность того, что пользователь получит приглашение на участие в панели и станет качественным панелистом, тем выше, чем активнее он ведет себя в сети. Таким образом, очевиден вывод, что в генеральной совокупности существует две категории граждан – активных и неактивных пользователей Интернета.

В связи с этим возникает вопрос: как сформировать качественную интернет-панель, обеспечив участие в выборке и неактивных пользователей Интернета, мнение которых также несомненно важно. Рекрутирование активных пользователей может осуществляться на официальных порталах органов власти, в социальных сетях, сайтах учебных заведений и предприятий. Проблема включения в выборку неактивных пользователей Интернета может быть решена следующими способами.

1) **Формирование смешанной панели** – компенсация процента неактивных пользователей сети путем проведения традиционных социологических опросов для части выборки. Соответствующий удельный вес может быть вычислен путем проецирования соотношения активных и неактивных пользователей Интернета в среднем по стране или региону на основании официальных данных.

2) Второй способ решения проблемы репрезентативности – **рекрутирование целых домохозяйств**, обладающих выходом в сеть и имеющих хотя бы одного активного пользователя, который сможет обеспечить участие в панели членов домохозяйства, не являющихся активными пользователями. Достоверность информации, получаемой

от панелистов, проверяется различными способами: программная проверка множественных учетных записей, замер времени, необходимого для ответа на каждый вопрос; анализ ответов на открытые вопросы; «черный список», повторный опрос, выбраковка анкет, вопросы на логическое соответствие для фильтрации анкет, заполненных «вслепую», и т.д. [2].

Как показывает опыт компаний, онлайн-панель куда сложнее сохранить, чем создать. Необходимо не только грамотно сформировать панель, но и суметь обеспечить необходимый объем исследований, организовать и отработать систему стимулирования респондентов, продумать и планомерно осуществлять «чистку», обновление и пополнение панели, вести мониторинг жизнеспособности панели. Для оценки жизнеспособности панели используется целый ряд показателей, таких как «загруженность» панелистов, уровень откликов, уровень заполняемости анкет, индекс «старения» или «осыпания» панели и т.п.

Закономерно, что к онлайн-панели в области государственного и муниципального управления должны предъявляться самые высокие требования в части надежности информации, собираемой таким методом, что повысит качество управляющего воздействия. Однако создание и администрирование таких онлайн-панелей – сложная и кропотливая работа, требующая финансовых и трудовых затрат. Онлайн-исследования уже прошли процесс становления на Западе: в мире существуют устоявшиеся формы их проведения, а также нормы, правила и стандарты. Так как опыт внедрения и применения интернет-панелей в области государственного и муниципального управления в России практически отсутствует, необходимо проработать данную тему и спроецировать опыт применения маркетинговых панелей на область публичного управления.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Развитие* Интернета в регионах России / Компания «Яндекс» [Электронный ресурс]. – Официальная статистика 2016. – URL: [https://yandex.ru/company/researches/2016/ya\\_internet\\_regions\\_2016](https://yandex.ru/company/researches/2016/ya_internet_regions_2016) (дата обращения: 25.02.2017).
2. *Качество* панелей / OMI OnlineMarketIntelligence [Электронный ресурс]. – Онлайн-панели. – URL: [http://www.omirussia.ru/ru/online\\_panels/panel\\_quality/](http://www.omirussia.ru/ru/online_panels/panel_quality/) (дата обращения: 25.02.2017).

## **МАЛОБЮДЖЕТНЫЙ МАРКЕТИНГ ДЛЯ ПРОДВИЖЕНИЯ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ НА ПОТРЕБИТЕЛЬСКИЙ РЫНОК**

***Е.К. Малаховская, ассистент каф. АОИ***

*Научный руководитель Ю.П. Ехлаков, проф., зав. каф. АОИ, д.т.н.*

*Томск, ТУСУР, elena\_tusur@mail.ru*

Анализ российского рынка мобильных технологий [1] показал, что приблизительное число разработчиков – 2,3 млн человек. Отдельный кластер IT-разработчиков представлен небольшими группами единомышленников, которые обладают достаточным уровнем знаний для качественного создания продукта, но имеют пробелы в знаниях по организации маркетинговой деятельности. Цель их деятельности – получение прибыли от созданного мобильного приложения, где доход в большинстве случаев прямо пропорционален количеству установок продукта. Отсутствие финансовых ресурсов не позволяет им обращаться в рекламные агентства для проведения качественной рекламной кампании. Данные обстоятельства обуславливают необходимость выработки инструмента, помогающего малым группам-разработчикам продвигать свои мобильные приложения на потребительский рынок самостоятельно [2].

Для решения данной задачи видится актуальным обращение к малобюджетному маркетингу. Проводя аналогию с работами Дж. К. Левинсона, посвященными партизанскому маркетингу, и на основании [3, 4], именно малобюджетное продвижение решает задачу максимизации результатов маркетинговой деятельности в условиях минимального бюджета.

В рамках применения малобюджетного маркетинга в работе предлагается:

1) использовать Интернет в качестве канала коммуникационного взаимодействия продавцов (разработчиков) и покупателей (потенциальных пользователей);

2) применять шаблоны при разработке содержания коммуникационного сообщения (далее – КС) как источника информации, распространяемой рекламодателем в процессе коммуникаций с потенциальными потребителями с целью привлечения их внимания и формирования вполне определенной ответной реакции;

3) обобщать и использовать знания маркетологов при разработке шаблонов текстов коммуникационных сообщений по продвижению продуктов и услуг.

Первое положение обосновывается тем, что популярность и востребованность малобюджетный маркетинг приобретает благодаря

интенсивному развитию и распространению интернет-технологий, которые предоставляют широкий и дешёвый (порой бесплатный) спектр платформ для связи с целевой аудиторией в распространении коммуникационных сообщений.

Второе положение ставит акцент на том, что особое место в ходе продвижения продуктов на интернет-площадках занимает вопрос о грамотном составлении КС, так как именно они являются залогом успеха рекламной кампании, но вместе с тем – проблемным местом для непрофессионалов в маркетинге. Решение данной проблемы предлагается путём использования шаблонов рекламных посланий.

На основании теории и практики маркетинга, логических умозаключений выявлен широкий ряд факторов, влияющих на форму и содержание КС, ориентированных на потребительский рынок (например, восприятие рекламной информации различается в зависимости от пола, возраста, типа потребительского поведения адресата сообщения и т.п.). Таким образом, постоянное синтезирование знаний в области психолингвистических и психологических факторов воздействия рекламного текста как при разработке шаблонов в целом, так и при составлении текстов КС в частности будет способствовать повышению эффективности рекламных кампаний, что обуславливает третье положение.

Логична закономерность, что большое количество факторов, влияющих на структуру и содержание КС, подразумевает большое количество шаблонов КС, которые бы соответствовали различным комбинациям этих факторов. Предполагается, что формальная модель выбора шаблонов КС может быть представлена в виде семантической сети и функциональных отношений (концептуальных зависимостей), которая должна быть положена в основу программного продукта, автоматизирующего работу с базой шаблонов коммуникационных сообщений, разработанных для малобюджетного продвижения мобильных приложений на потребительский рынок.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Зиневич А.* Обзор рынка мобильных приложений: стоит ли игра свеч? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://megamozg.ru/post/16122/> (дата обращения: 10.09.2015).

2. *Малаховская Е.К.* Программный комплекс поддержки принятия решений при формировании содержания коммуникационных сообщений для продвижения мобильных приложений // Современные технологии поддержки принятия решений в экономике: матер III Всерос. науч.-практ. конф. 24–25 ноября 2016 г. – Томск, 2016. – 153 с.

3. *Артамонова Л.А.* Особенности малобюджетных PR-мероприятий по продвижению кампании (на примере компании ООО «ИКЕА Дом»): дипломный проект / Л.А. Артамонова; СПб. политехн. ун-т Петра Великого – СПб.,

2014 [Электронный ресурс]. – URL: <http://elib.spbstu.ru/dl/2/6760.pdf> (дата обращения: 20.02.2017).

4. *Партизанский* маркетинг в вопросах и ответах [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.levitas.ru/pmdetali.htm> (дата обращения: 20.02.2017).

## **ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ВЕБ-ОРИЕНТИРОВАННОЙ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ В ГЕОМАРКЕТИНГОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ**

***П.Ю. Найданов, М.Г. Крашенинников, И.В. Скляров,  
магистранты каф. АОИ***

*Научный руководитель Ю.Б. Гриценко, доцент каф. АОИ, к.т.н.  
Томск, ТУСУР, [ubg@muma.tusur.ru](mailto:ubg@muma.tusur.ru)*

Студентами и аспирантами кафедры АОИ ТУСУРа разработана веб-ориентированная геоинформационная система, предназначенная для решения задач в области административно-хозяйственного управления высшим государственным учреждением. На данный момент система используется небольшим количеством материально ответственных лиц, в основном это заведующие и коменданты общежитий, учебных корпусов и других хозяйственных зданий ТУСУРа. Назначение прав доступа и ролей пользователей системы позволяет каждому специалисту заниматься решением конкретных задач в соответствии с занимаемой должностью и обязанностями [1].

Проект веб-ориентированной ГИС предназначен для ведения хозяйственных дел в общежитиях и учебных корпусах ТУСУРа, призван упростить и автоматизировать процесс заселения или выселения студентов по общежитиям, а также ориентирован на контроль деятельности преподавателей, персонала и других лиц, принимающих участие в процессе жизнедеятельности вуза. Одним из основных преимуществ является модульная архитектура, реализующая возможность асинхронной загрузки необходимых функциональных возможностей и модулей. Для атрибутивной информации в ГИС разработаны два универсальных модуля: «Карточка атрибутивных описаний» и «Табличное представление». Уникальность модулей заключается в гибкой настройке полей, групп характеристик и различных описаний геопространственных объектов, расположенных на карте. Для выполнения настроек необходимо обладать правами администратора. Таким образом, имея универсальные поиск, анализ, представление геопространственных данных и сведений, веб-ориентированная ГИС может быть использована в другой предметной области, например мониторинг торговых точек в рамках маркетинговых исследований [2].

Маркетинговое исследование подразумевает сбор, учет и анализ данных в среде, основанных на понимании поведения, целей и желаний потребителей, конкурентов и рынков в рыночной экономике. В мире существует огромное количество методов исследования маркетингового рынка, направленных на повышение работы эффективности предприятия и увеличения прибыли. Основными методами сбора первичных маркетинговых данных являются полевые исследования [3]:

- опрос;
- наблюдение;
- эксперимент;
- имитационное моделирование.

Первой проблемой проведения исследования становится общее хранилище для пространственных и непространственных данных. Решается в ГИС за счет неограниченной СУБД PostgreSQL. Следующей проблемой становится оперативное заполнение хранилища, так как наиболее ценные и верные знания добываются при помощи полевых методов. Система веб-ориентирована, обладает кроссбраузерностью, мультиплатформенностью, единственным ограничением является наличие доступа в сеть Интернет. После сбора данных необходимо оценить и проанализировать собранную полевыми методами, информацию. Целостную картину возможно увидеть при помощи картографического отображения данных в ГИС. Далее проводится анализ данных и составление отчетов, выводов. В веб-ГИС существуют тематические отчеты и два модуля для работы с данными. Оценка основных проблем геомаркетинговых исследований и варианты решения при помощи веб-ГИС с кратким описанием решения представлены в таблице [4].

**Решение проблем маркетингового исследования в веб-ГИС**

Проблема маркетингового исследования	Решение веб-ГИС	Описание
Большое количество данных	<input type="checkbox"/>	СУБД PostgreSQL
Оперативное заполнение хранилища данных	<input type="checkbox"/>	Веб-ориентирована, необходимо наличие доступа в Интернет
Отображение данных	<input type="checkbox"/>	Отображение при помощи MapGuide и OpenStreetMap
Анализ и выводы	<input type="checkbox"/>	Тематические отчеты, электронный документооборот, карточка атрибутивных описаний объекта, табличное представление

В рамках ГИС возможно доработать дополнительные функциональные возможности и необходимые инструменты для проведения геомаркетинговых исследований, что в свою очередь сделает ГИС востребованной в области изучения маркетинговой среды.

Система, существующая сейчас, является уникальной платформой для развития в направлении оптимизации и автоматизации проведения маркетинга. Программа обладает потенциалом стать единой системой для решения комплексных задач в сфере исследования рынка, продукта и рекламы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Академия САПР и ГИС* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.codecademy.com>, свободный (дата обращения: 01.09.2016).
2. *Журнал для профессионалов в области САПР* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.cadmaster.ru>, свободный (дата обращения: 05.06.2016).
3. *Philip Kotler*. Основы маркетинга. – М.: Прогресс, 1991. – 657 с.
4. *Гриценко Ю.Б.* Архитектура веб-ГИС-сервера для ведения электронного генерального плана инженерной инфраструктуры / Ю.Б. Гриценко, О.И. Жуковский, М.М. Милихин // Качество. Инновации. Образование. – 2012. – № 12 (91). – С. 97–101.

### **ОСОБЕННОСТИ И ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ КАК СПОСОБА РАЗВИТИЯ ИМИДЖА И КАЧЕСТВА ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ (НА ПРИМЕРЕ г. ТОМСКА)**

*А.М. Фостенко, магистрант; Д.В. Сапрон, ассистент  
Томск, ТУСУР, каф. АОИ, [fostenko\\_94@mail.ru](mailto:fostenko_94@mail.ru)*

Формирование имиджа города предполагает деятельность органов власти и населения, направленную на создание положительного, привлекательного образа территории, влияющего на привлечение туристов, инвестиций и непосредственно на социально-экономическое развитие, способного обеспечить лидерские позиции среди окружающих субъектов, играющего огромную информационно-воспитательную роль [1].

Важное место в системе создания положительного имиджа города играет сложившийся уровень качества городской среды, которое оказывает существенное влияние на его формирование. В связи с этим имидж города приобретает определенную материальную стоимость, т.е. становится понятием не абстрактным, а конкретным, обладая при этом экономическим смыслом.

На сегодняшний день существует множество различных механизмов формирования имиджа и качества городской среды. Вместе со стремительно развивающейся информатизацией современного общества особое внимание следует уделить именно информационно-коммуникационным технологиям (ИКТ).

Понятие «информационно-коммуникационные технологии» сегодня является довольно популярным и трактуется различными авторами по-разному в зависимости от цели их исследований. В результате анализа нескольких определений ИКТ было сформулировано обобщенное, вбирающее в себя все аспекты данного явления. ИКТ – это определенный набор методов, способов и процессов, непосредственно взаимодействующих с информацией, осуществление которых возможно при использовании устройств вычислительной техники, а также средств телекоммуникации. Также часто к ним относят технологии управленческого консультирования и проектирования бизнес- и административных процессов, так как их результаты, как правило, подразумевают использование компьютеров и электронной связи. Иначе говоря, к ИКТ относят аппаратные комплексы, программное обеспечение и средства электронной связи. Кроме того, к ИКТ следует отнести пользовательские интернет-сервисы (сайты, порталы, интернет- и мобильные приложения и т.д.).

Для того чтобы процесс муниципального управления путем использования информационно-коммуникационных технологий как вспомогательного способа развития имиджа и качества городской среды был эффективным, необходима соответствующая информационная база. Она должна быть достоверной и содержать актуальные данные о существующем уровне развития территории [2].

ИКТ являются одним из инструментов повышения эффективности государственного и муниципального управления. В связи с этим взвешенный подход к организации информационно-коммуникационных связей между властью и населением (как основным потребителем общественных благ) становится приоритетной задачей при разработке имиджа территории.

Основу эффективной системы взаимодействия власти и населения составляют различные формы вовлечения граждан в управленческие процессы. К таковым следует отнести плодотворный обмен мнениями между органами власти, а также общественными организациями и населением, грамотно и качественно организованную обратную связь, которая позволит жителям давать оценку эффективности принимаемых решений и действий, а органам власти производить анализ удовлетворенности населения проводимыми мероприятиями. Взаимо-

действие органов государственной власти и населения осуществляется через прямые и обратные коммуникационные связи. Прямые связи составляют целевые установки, задачи и непосредственное информирование граждан. Обратную же связь составляет оформленная реакция населения на деятельность органов власти [2].

Таким образом, в условиях развития информационного общества наиболее перспективным и удобным способом организации коммуникационных связей становится применение пользовательских интернет-сервисов, таких как электронный почтовый ящик, личный кабинет гражданина, форумы, чаты и блоги, онлайн-голосования и опросы размещаемых на базе официальных порталов органов власти. Использование интернет-сервисов имеет ряд положительных эффектов: оперативность связи, удобство ввиду возможности удаленной коммуникации, малозатратность в перспективе, возможность связи с любым чиновником. Таким образом, данный способ позволит повысить эффективность управления и имидж как органов публичного управления, так и соответствующей территории.

Томск позиционирует себя как инновационная территория. На сегодняшний день в городе принята стратегия развития до 2020 г., в рамках которой освещаются основные направления внешнего позиционирования муниципалитета: определенные имиджевые признаки города как маркетингового продукта. На основании обозначенной концепции в городе проводятся комплексы мероприятий, нацеленных на повышение имиджа города путем демонстрации плановых и выполненных задач повышения качества городской среды.

Официальный портал является одним из передовых инструментов позиционирования города на основе ИКТ. На сайте Томска существует специальный раздел «Наш Томск», который в большей части направлен на повышение имиджа города. В рамках данного раздела ведется демонстрация исполнения программы «Наш Томск» по улучшению качества городской среды. Программа включает в себя освещение вопросов, касающихся городского пространства, а именно – озеленение города, развитие деревянного зодчества и т.д., а также вопросы, касающиеся коммунальной и транспортной инфраструктуры.

Однако современные технологии предоставляют более обширные возможности в области управления. Усилить и расширить коммуникационные связи можно также путем разработки и внедрения специализированных интернет-приложений в области транспорта, здравоохранения, досуга, культуры и т.д.

Наличие подобных средств коммуникации между властью и населением на территории города существенно влияет на качество го-

родской среды и комфорт проживания, имидж властей, делает город более привлекательным, тем самым поднимая его на более высокие позиции среди конкурирующих территорий.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Калиева О.М., Вакунова И.В., Марченко В.Н., Большакова Ю.С.* Факторы, влияющие на формирование имиджа города // Молодой ученый. – 2014. – №2. – С. 439–441.
2. *Юсупов Д.Р.* Власть и население: аспекты взаимодействия // Коммуникология: международный научный журнал. – М., 2016 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.communicology.us/2016/01/yusupova-vlasti-naselenit-aspekti-vzaimodeistviya.html> (дата обращения: 27.02.2017).

### **ПРАКТИКА РЕАЛИЗАЦИИ РАСКРЫТИЯ ОТКРЫТЫХ ДАННЫХ И СОЗДАНИЯ НА ИХ ОСНОВЕ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ**

***О.К. Серых, магистрант каф. АОИ***

*Научный руководитель А.А. Сидоров, доцент каф. АОИ, к.э.н.  
Томск, ТУСУР, [olga.tomsk70@mail.ru](mailto:olga.tomsk70@mail.ru)*

Указом Президента РФ от 07.05.2012 № 601 «Об основных направлениях совершенствования системы государственного управления» определен ряд целевых показателей, характеризующих сферу публичного управления, и комплекс мер по их достижению, основанных на серии принципов, одним из которых является открытость системы государственного управления. Она, в свою очередь, реализуется через сущность открытого правительства, под которым понимается система принципов организации государственного управления, основанная на вовлечении граждан, общественных организаций и бизнес-объединений в принятие и реализацию властных решений [1]. Граждане хотят больше понимать, что происходит во властных структурах, хотят, чтобы издержки на получение информации и услуг были минимальны, а качество их было высоко. Это приводит к необходимости обеспечения понятности работы органов управления, прозрачности процедур разработки и принятия решений, доступности услуг [2].

Для реализации открытости были созданы стандарты открытости, согласно которым властные структуры должны раскрывать содержание своей деятельности посредством формирования «открытых данных» – информация о деятельности государственных органов и органов местного самоуправления, размещенной в сети Интернет в виде массивов данных в формате, обеспечивающем их автоматическую обработку для повторного использования без предварительного изме-

нения человеком (машиночитаемый формат), и на условиях ее свободного (бесплатного) использования [3]. Для примера можно привести портал открытых данных Правительства Москвы или открытые данные администрации Томской области.

В связи с тем, что информационно-телекоммуникационные технологии в настоящее время развиваются очень быстро, большинство людей используют мобильный телефон не только в качестве его основной функции – связи, но и как переносной компьютер (смартфон). Появляется множество приложений для удовлетворения разнообразных потребностей человека. Таким образом, активное использование людьми различных мобильных приложений и наличие возможности получения и использования открытых данных предопределяет важность создания новых сервисов на основе последних.

Мировая практика показывает активное развитие указанного направления. Так, например, в Нью-Йорке много лет публикуют городские данные в машиночитаемом виде – это бесконечные таблицы с информацией разных служб, которые можно не просто изучать, но и использовать для создания сервисов, визуализаций и исследований. Нью-Йорк раскрывает подробную статистику потребления электричества с точностью до квартала, количество преступлений всех видов по районам, данные об успеваемости школьников, подробную информацию об официальных паркингах и многое другое. Именно из этих таблиц вырастает новое поколение городских сервисов. Для популяризации этого движения мэрия уже в третий раз проводит конкурс приложений Big Apps, в рамках которого все желающие создают полезные сервисы на основе открытых городских данных. Призовой фонд составляет \$50 000, но участники гонятся не столько за деньгами, сколько за продвижением своих проектов и вниманием инвесторов [4].

В Москве на портале открытых данных Правительства города в настоящее время опубликовано более 800 тематических наборов данных и справочников, в которых раскрыта информация более чем о 500 000 объектах городской инфраструктуры [5]. И особое место занимают приложения, которых в настоящий момент насчитывается 45 единиц. Созданы приложения-навигаторы («Яндекс.Метро», «Транспорт Москвы», «Парки Москвы», ВелоМосква», «По музеям»). Также созданы сервисы, благодаря которым каждый житель может повлиять на развитие города («Активный гражданин», «Госуслуги Москвы»). Как можно заметить, это практика функционирования мобильных приложений на основе открытых данных в Москве развивается активно.

Рассмотрев, как реализуется создание приложений в столице России и за рубежом, следует проанализировать, как этот процесс развивается в Томской области. Так, открытые данные региона состоят из 830 наборов, сгруппированных по 30 категориям. На данный момент отсутствуют приложения и программы, разработанные с использованием размещенных открытых данных. Вместе с тем работа в этом направлении ведется. Так, 28–29 октября 2016 г. в Томске состоялся первый хакатон «Открытые данные Томской области», организованный администрацией Томской области и Департаментом развития информационного общества администрации Томской области. Его цель – разработка за 24 ч прототипов мобильных или веб-приложений на основе открытых государственных данных, которые будут полезны жителям региона. Это мероприятие стало знаковым для Томской области, которая входит в пятёрку самых передовых регионов, активно публикующих информацию в машиночитаемом формате. Для участия в хакатоне на площадке Инженерного центра особой экономической зоны «Томск» собралось более 35 разработчиков, среди которых были студенты и профессиональные разработчики. Было разработано 7 прототипов приложений, которые используют открытые государственные данные, самым удачным из которых стала разработка, представляющая веб-сервис для информирования компаний о запланированных проверках более 50 контролирующих органов [6].

Как показал анализ по использованию жителями открытых данных Томской области, в тройку наиболее скачиваемых данных вошли следующие наборы: сведения о количестве зарегистрированных актов гражданского состояния и иных юридически значимых действий, совершенных структурными подразделениями Департамента ЗАГС Томской области; реестр лицензий на образовательную деятельность, выданных органами исполнительной власти субъекта Российской Федерации, осуществляющими переданные полномочия Российской Федерации в области образования; реестр аккредитованных образовательных учреждений, расположенных на территории субъекта Российской Федерации. На основе проведенного анализа нельзя однозначно сказать, что действительно эти данные являются важными для жителей региона, так как можно предположить, что конкретные данные могут быть загружены самими органами власти, которые работают с этой информацией.

Подводя итог, следует отметить, что публикация данных органов власти на всех уровнях управления позволит повысить прозрачность их деятельности, а также повысить информированность населения и качество его жизни.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Открытое* правительство [Электронный ресурс]: Портал открытое правительство. – Режим доступа: <http://open.gov.ru/event/5598187/> (дата обращения: 25.02.2017).
2. *Методические* рекомендации по внедрению принципов и механизмов открытого государственного управления в субъектах Российской Федерации (проект) [Электронный ресурс]: Портал открытое правительство. – Режим доступа: <http://open.gov.ru/upload/iblock/00f/00fe0e47c2b1d068ad07318689bb13c4.pdf> (дата обращения: 25.02.17).
3. *О проекте* открытые данные [Электронный ресурс]: Официальный интернет-портал администрации Томской области. – Режим доступа: <https://tomsk.gov.ru/O-proekte> (дата обращения: 25.02.17).
4. *Проверено* электроникой: Правительство 2.0 в четырех городах мира [Электронный ресурс]: Городской интернет-сайт The Village. – Режим доступа: <http://www.the-village.ru/village/city/abroad/112685-inostrannyu-opyt-kak-rabotaet-elektronnoe-pravitelstvo> (дата обращения: 25.02.17).
5. *О портале* открытые данные Правительства Москвы [Электронный ресурс]: Портал открытых данных Правительства Москвы. – Режим доступа: <https://data.mos.ru/about> (дата обращения: 25.02.17).
6. *Хакатон* «Открытые данные Томской области» [Электронный ресурс]: Официальный интернет-портал Администрации Томской области. – Режим доступа: <https://tomsk.gov.ru/hackathon2016> (дата обращения: 25.02.17).

## РАЗРАБОТКА РАСПРЕДЕЛЁННОЙ АРХИТЕКТУРЫ СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОГО ОБМЕНА КОНФИДЕНЦИАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИЕЙ

*А.П. Чистяков, магистрант каф. информатики*

*Научный руководитель А.Н. Шниперов, руководитель*

*НУЛ «Информационная безопасность», к.т.н.*

*Красноярск, Сибирский федеральный университет, acella93@mail.ru*

На конференции «Научная сессия ТУСУР–2016» был представлен доклад [1], в котором предлагается способ передачи конфиденциальной информации в компьютерных сетях общего доступа, учитывающий возможную компрометацию центральной части и предполагающий подход к контролю целостности информационного обмена. На основе предлагаемого способа была создана информационная система (ИС) [2], а также проведено её комплексное тестирование. Продолжая исследования по данной тематике, в этой работе даётся оценка производительности ИС и разрабатывается распределенная архитектура с целью обеспечения свойства доступности информации.

С ростом числа абонентов возрастает нагрузка на серверную часть: возрастает число обрабатываемых данных, увеличивается ко-

личество входящих и исходящих потоков данных. Рост нагрузки приводит к проблеме перегруженности центрального узла, в связи с чем возрастает время обслуживания запроса и становятся возможными сбои в работе ИС. В таком случае нарушается свойство доступности информации.

Следовательно, необходимо оценить нагрузку на серверную часть созданной ИС, при которой будет достигаться максимальное количество одновременно подключенных пользователей, объем обрабатываемых данных и сохраняться приемлемая производительность. Для оценки производительности системы было произведено нагрузочное тестирование по методике варьирования числа клиентской нагрузки и регистрации ключевых показателей производительности [3]. Сценарий нагрузочного теста состоял из входа в учетную запись пользователя, включающего этапы аутентификации и авторизации, а также получение списка из 10 сообщений. Выбор данного сценария обуславливается тем, что он задействует все основные ресурсоемкие операции: обращение к базе данных, криптографические преобразования.

В качестве инструмента для проведения нагрузочного тестирования использовался Apache jMeter, поскольку он обладает рядом преимуществ: кроссплатформенность, свободное распространение, способность генерировать запросы для тестов со сложными тестовыми сценариями и др. Серверная часть программного комплекса была развернута на Node.js с платформой Express под управлением ОС Windows 8, процессором Intel(R) Core(TM) i3-4170 3,70 ГГц с четырьмя вычислительными потоками, 8 Гб ОЗУ. Проведя серию тестов, на рис. 1 показана зависимость производительности серверной части программного комплекса от числа запросов.



Рис. 1. Результаты тестирования

Результаты нагрузочного тестирования при заданной аппаратно-программной конфигурации серверной части показали, что превышение отметки в 4000 запросов, согласно техническому заданию, снижает

ет общую производительность ИС. Как следствие, это сказывается на качестве программного комплекса.

Для увеличения производительности серверной части на рис. 2 предлагается архитектура кластеризации.

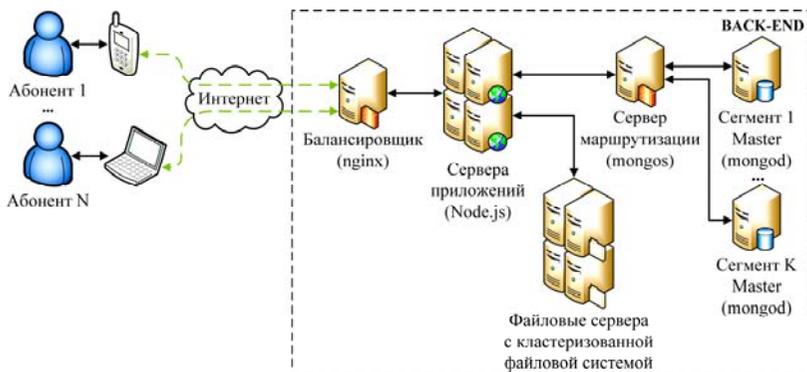


Рис. 2. Архитектура масштабирования системы

Предлагаемая схема масштабирования подразумевает, что все элементы размещены на отдельных вычислительных узлах (компьютерах), связанных единой информационно-коммуникационной средой. Взаимодействие абонентов с клиентской частью производится посредством мобильного устройства либо «тонкого» клиента (браузера). Клиентская часть представляет собой программный продукт, который реализует пользовательский интерфейс, формирует запросы к серверной части и обрабатывает ответы. Связь между программными частями осуществляется по протоколу http. Серверная часть выполняет обработку запросов клиентской части, после этого формирует данные в формате JSON и отправляет их клиентской части. Посылаемые запросы абонентов равномерно распределяются балансировщиком нагрузки nginx на серверы приложений. В рамках сервера приложений реализуется бизнес-логика обработки запросов.

В зависимости от логики обработки запроса серверы приложений обращаются к базе данных или файловым серверам. При обращении к базе данных запросы передаются серверу маршрутизации, который является интерфейсом для обращения к кластеру как к единому целому. Сервер маршрутизации перенаправляет все операции чтения и записи подходящему сегменту. Каждый сегмент развертывается в виде набора реплик, на которых хранится некоторая часть всего множества данных. То есть надежность и производительность доступа к

данным осуществляются за счет использования горизонтального сегментирования с репликацией. Для хранения передаваемых файлов между абонентами предлагается использовать кластер файловых серверов с кластерной файловой системой.

Проведя исследование на производительность серверной части ИС [2], была выявлена её предельная нагрузка, при которой достигаются оптимальная работоспособность и доступность ресурса. На основе полученных количественных характеристик можно прогнозировать необходимые вычислительные ресурсы, нагрузки снижающие качество ИС и создающие угрозу доступности информации и др. Для повышения производительности предлагается распределенная архитектура ИС.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Чистяков А.П., Шниперов А.Н.* Способ организации системы безопасного обмена конфиденциальной информацией // Научная сессия ТУСУР–2016: матер. Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 25–27 мая 2016 г. – Томск: В-Спектр, 2016. – Ч. 5. – С. 42–44.

2. *Шниперов А.Н., Чистяков А.П.* Программный комплекс для конфиденциального обмена информацией в компьютерных сетях общего доступа «*tuMessenger*» / Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2017610542. – Зарегистрировано в реестре программ 12 января 2017 г.

3. *Дэвид Хэа.* Тестирование и анализ производительности сервера приложений *WebSphere* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.ibm.com/developerworks/ru/library/wes1208\\_hare/#authorN1001D](https://www.ibm.com/developerworks/ru/library/wes1208_hare/#authorN1001D) (дата обращения: 27.02.2017).

### ПРЕДПОСЫЛКИ ПОСТРОЕНИЯ ОНТОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКИХ ПОСЕЛЕНИЙ: СУЩНОСТНЫЙ И ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ АСПЕКТЫ

*М.А. Шишанина, аспирант каф. АОИ*

*Научный руководитель А.А. Сидоров, доцент каф. АОИ, к.э.н.*

*Томск, ТУСУР, [mari-scan@yandex.ru](mailto:mari-scan@yandex.ru)*

На сегодняшний день одной из первостепенных задач публично-правовых образований является повышение эффективности управления на региональном уровне, поскольку именно на нем решаются важнейшие стратегические и оперативные задачи социально-экономического развития территорий [1]. При этом важное место в социально-экономическом развитии (далее СЭР) субъекта Российской Федера-

ции играют его составные части, в том числе сельские территории, занимающие колоссальные площади (2/3 площади страны) и аккумулирующие четверть всего населения. Таким образом, комплексное развитие регионов невозможно без соответствующего развития сельских территорий.

Среди методов оценки СЭР в наибольшей степени распространены балльный, ранговый, нормативный, интегральный, которые основаны на использовании большого количества показателей, характеризующих объект исследования, что, в свою очередь, объясняется сложностью рассматриваемого понятия.

В [2] выделено, что, как правило, «универсальность» методик ограничена лишь их применением для городских округов и муниципальных районов. За рамками обычно остаются сельские поселения (далее – СП), что обусловлено невозможностью адаптации существующей статистической базы для рассматриваемого уровня организации местных сообществ.

Так, в [2–4] представлены следующие блоки показателей для оценки СЭР сельских территорий:

- экономические (средний оборот организаций по всем видам деятельности, расположенных на территории СП; доля работников, занятых в экономике СП, в общей численности его постоянного населения и т.д.);
- социальные (среднемесячная заработная плата в расчете на одного работника СП; объем вводимого жилья в расчете на душу населения в СП и т.д.);
- финансовые (поступление налоговых и неналоговых доходов в бюджет на душу населения; соотношение собственных доходов и расходов СП; отношение расходов бюджета на социальные нужды к общим расходам бюджета территории);
- демографические (плотность населения; сальдо миграции по отношению к численности населения; демографический состав; структура домохозяйств);
- экологические (изменения климата; состав и статус земельных участков; растительный и животный мир; состояние водных ресурсов и почвы; качество воздуха).

В [5] рекомендуется при оценке СЭР сельских территорий принимать во внимание нормативы развития социальной инфраструктуры.

Также следует отметить, что большая часть разработанных методик не учитывает конкретных региональных особенностей [6]. В то же время, исходя из географического положения Российской Федерации, можно наблюдать пространственную рассредоточенность населения и

производства, обусловленные спецификой хозяйствования. Таким образом, обобщенная оценка уровня развития сельских территорий будет неадекватной.

Исходя из обозначенной выше проблемы, возникает потребность в представлении множества показателей, необходимых для оценки СЭР. Данные показатели необходимо классифицировать в зависимости от анализируемого сельского поселения (например, показатели оценки социально-экономического развития сельских населенных пунктов, расположенных в северных районах, отличаются от аналогичных показателей южных районов). Таким образом, возникает первоочередная задача в выявлении типовых сельских населенных пунктов со схожими показателями оценки социально-экономического развития. Логично, что для выявления типовых населенных пунктов необходимо рассмотреть процесс оценки СЭР системно и выявить то множество показателей, по которым уровень социально-экономического развития у сельских поселений различается [7].

Одним из перспективных подходов, используемых для системного представления процесса, является онтология как методология описания и использования знаний о предметной области исследования [8]. При построении онтологии, как правило, выделяют следующие элементы: концепты, свойства концептов, отношения между концептами.

Таким образом, использование в дальнейшем онтологической модели при представлении СЭР СП обладает рядом преимуществ и позволяет рассмотреть данный процесс системно, в результате чего можно будет выделить ряд показателей, характерных для совокупности типовых сельских поселений.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Бабеньшева А.Н.* Использование систем поддержки принятия решений при компьютерном моделировании экономического развития региона / А.Н. Бабеньшева // Молодой ученый. – 2016. – № 13. – С. 299–303.
2. *Барамзин С.В.* Методика оценки социально-экономического развития сельских поселений // Реальная экономика: теория и практика. – 2010. – № 9 (144). – С. 43–46.
3. *Киселева Н.Н.* Оценка уровня социально-экономического развития сельских территорий региона (на материалах Ставропольского края) / Н.Н. Киселева, А.А. Орлянская // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 11. – С. 1266–1270.
4. *Мухаметова Н.Н.* Обзор методик оценки социально-экономического потенциала сельских территорий // Российское предпринимательство. – 2015. – № 16 (22). – С. 4037–4044.

5. Сагатгареев Р.М. Оценка уровня социально-экономического развития сельских территорий / Р.М. Сагатгареев, Р.Ф. Гатауллин // *Фундаментальные исследования*. – 2016. – № 3.

6. Сидоров А.А. Методические подходы к оценке социально-экономического развития муниципальных образований / А.А. Сидоров, М.П. Силич // *Известия Томского политехнического университета*. – 2008. – № 6. – С. 38–44.

7. Шишанина М.А. Онтологическое моделирование социально-экономического развития сельских территорий: обоснование актуальности // *Электронные средства и системы управления*. – 2016. – Ч. 2. – С. 225–229.

8. Тузовский А.Ф. Системы управления знаниями (методы и технологии) / А.Ф. Тузовский, С.В. Чириков, В.З. Ямпольский. – Томск: Изд-во НТЛ, 2005. – 260 с.

### **ПОДСЕКЦИЯ 3.3**

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ В ТЕХНИКЕ И ОБРАЗОВАНИИ**

*Председатель секции – Дмитриев В.М., зав. каф. МиСА,  
д.т.н., проф.;*  
*зам. председателя – Ганджа Т.В., доцент каф. МиСА, к.т.н.*

### **СРЕДА МОДЕЛИРОВАНИЯ СЦЕНАРИЕВ ДЛЯ ПРОТОТИПИРОВАНИЯ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ**

*В.М. Дмитриев, Т.В. Ганджа, А.С. Букреев*

*Томск, ТУСУР*

#### **Назначение, цель и задачи среды моделирования сценариев.**

Среда моделирования сценариев (СМС) предназначена для формирования модели сценария для управляющего контроллера, функционирующего на языке управления механизмами X-Robot. Целью СМС является формирование в графическом компонентном виде сценариев управления сложными динамическими объектами с их отладкой на компьютерных моделях объектов и последующим программированием контроллера. В задачи СМС входят:

1. Моделирование поведения объекта управления при выполнении различных команд управления.
2. Формирование сценария работы управляющего контроллера с отладкой его потоков на компьютерной модели объекта управления.
3. Интерпретация сформированного сценария в код и программирование контроллера.
4. Отладка поведения объекта с использованием виртуальных приборов.

**Многоуровневая структура компьютерной модели в рамках СМС.** Компьютерная модель, направленная на формирование и отладку сценария управляющего контроллера, формируется в виде многоуровневой компьютерной модели [1], на трех уровнях которой располагаются взаимосвязанные модели:

– *на объектном уровне* формируется компьютерная модель объекта управления с подключенными к ней моделями исполнительных и

измерительных устройств, взаимосвязанных с функциональной моделью устройства управления;

– на логическом уровне составляется функциональная модель устройства управления в виде параллельных потоков сценария управления, который взаимосвязан с моделью объекта управления, представленной на объектном уровне;

– на визуальном уровне располагаются средства визуализации результатов моделирования и работы сценария управления, а также средства интерактивного управления задающими воздействиями. Модели объектного слоя подробно рассмотрены в [2], средства визуализации результатов моделирования – в работе [3]. Здесь основное внимание уделено логическому уровню, на котором собственно и реализуются сценарии управления. Нотациями языка СМС являются компоненты различных классов, характеризующих определенные действия над процессами. Все они строятся на основе обобщенного компонента.

**Обобщенный компонент графического сценария.** Компонент (рис. 1), отображающий одну из операций или конструкций языка X-Robot, содержит следующие виды связей:

1) входные информационные связи  $X1$  и  $X2$ , по которым в компонент передаются значения вступающих в операцию операндов;

2) управляющие связи:  $U1$  – для приема сигнала выполнения операции,  $U2$  – для передачи управляющего сигнала последующему выполняемому компоненту;

3)  $Y$  – выходная(-ые) информационные связи, по которой(-ым) передается результат выполнения операции.

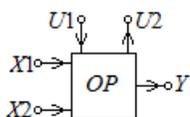
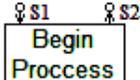


Рис. 1. Обобщенный компонент операции языка X-Robot

Рассмотрим основные классы компонентов языка СМС.

**Компоненты начала и окончания процессов.** Примером может служить компонент «Начало процесса» (таблица).

Компонент	Назначение связей	Алгоритм работы
Начало процесса E0 	S1 – получение сигнала управления от кнопки; S2 – передача управления первой команде процесса	Если на S1 передан сигнал с истинным (не нулевым) значением, то истинный сигнал передается на S2

Аналогичным образом представляется компонент «Конец процесса».

**Компоненты взаимодействия сценария с датчиками и исполнителями.** Взаимодействие сценария с датчиками осуществляется с помощью команд IN  $n$  (где  $n$  – номер датчика, подключенного к контроллеру,  $n = 0 \dots 7$ ). Общий вид компонента команды IN  $n$  представлен на рис. 2. Номер исполнителя Dev указывается в параметрах данного компонента.

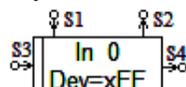


Рис. 2. Компонент команды IN

**Компоненты ожидания.** Компоненты ожидания предназначены для остановки некоторого процесса в сценарии до выполнения некоторого события или достижения определенного времени. Обобщенный вид компонентов ожидания представлен на рис. 3. Ожидание начинается с момента времени, когда придет сообщение о начале выполнения данной команды на связь S1, по связи S2 передается сообщение в момент наблюдения некоторого события. По связям S3 и S4 в компонент из модели поступают данные, характеризующие значения определенных переменных или текущего времени эксперимента.

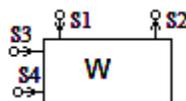


Рис. 3. Обобщённый вид компонентов ожидания

**Синхронизация процессов с помощью механизма подпрограмм.** В некоторых случаях бывает необходимо начать или продолжить один или несколько процессов, когда в некотором процессе должно произойти какое-то событие. Тогда процессы, которые ожидают этого события, будут являться подпрограммами. В них после процедуры инициализации в месте ожидания события должен быть установлен компонент WR (ожидание вызова подпрограммы). В процессе, в котором будет наблюдаться ожидаемое событие должен быть установлен компонент CALL (вызов подпрограммы).

Помимо этого в библиотеку моделей компонентов входят компоненты арифметических и побитовых операций, компоненты изменения порядка выполнения процесса, а также метки переменных.

**Порядок прошивки подготовленного сценария в контроллер.** После того как сценарий сформирован и отлажен на модели, он может быть прошит в контроллер, проверен на реальном объекте и запущен в эксплуатацию.

**Заключение.** Среда моделирования сценариев является комплексом программ, позволяющим с использованием компьютерной модели объекта управления проверить работу сценария, а затем, прошив его в контроллер, с применением тех же средств визуализации и интерактивного управления проверить его работу на реальном объекте.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Дмитриев В.М.* Принцип формирования многоуровневых компьютерных моделей SCADA-систем для управления сложными технологическими объектами / В.М. Дмитриев, Т.В. Ганджа // Информатика и системы управления. – 2013. – № 2 (36). – С. 24–36.
2. *Дмитриев В.М.* Автоматизация моделирования промышленных роботов / В.М. Дмитриев, Л.А. Арайс, А.В. Шутенков. – М.: Машиностроение, 1995. – 304 с.
3. *СВИП* – система виртуальных инструментов и приборов / В.М. Дмитриев, Т.В. Ганджа, В.В. Ганджа, Ю.И. Мальцев. – Томск: В-Спектр, 2014. – 216 с.

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕКТРОННЫХ ДОКУМЕНТОВ

*Т.Е. Григорьева, аспирант; С.А. Панов, ст. преп. каф. МиСА*  
*Научный руководитель В.М. Дмитриев, зав. каф. МиСА, проф., д.т.н.*  
*Томск, ТУСУР, spytech3000@gmail.com*

В настоящее время компьютерные технологии начали широко применяться для моделирования систем массового обслуживания (СМО), бизнес-процессов (БП), природоохранных мероприятий (ПОМ) и т.д.

Компьютерные модели позволяют проводить вычислительные эксперименты, реальная постановка которых затруднена или может дать непредсказуемый результат. После проведения серии вычислительных экспериментов на компьютере следует интерпретация результатов, сопоставление результатов моделирования с поведением исследуемого объекта, последующее уточнение модели и т.д. Логичность и формализованность компьютерных моделей позволяют выявить основные факторы, определяющие свойства изучаемых объектов, исследовать отклик системы на изменения ее параметров и начальных условий.

Механизм параметризации моделей позволяет за короткое время «проиграть» (с помощью изменения параметров) различные варианты результатов моделирования и избежать принципиальных ошибок [1].

В качестве примера рассмотрим модель формирования заказа с учетом цены и доставки.

Для построения модели формирования заказа будем использовать среду моделирования MAPS, которая разработана научным коллективом кафедры моделирования и системного анализа Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники [2].

Она основана на методе компонентных цепей (МКЦ) и изначально была предназначена для моделирования физически неоднородных устройств и систем, но сейчас расширяется и позволяет моделировать СМО, БП, ПОМ. SM MAPS имеет библиотеку моделей компонентов открытого и универсального типа, благодаря которой можно моделировать задачи различного уровня сложности.

Моделировать начнем с логического уровня, на котором представлена математическая модель формирования заказа, и завершим визуальным уровнем, который предназначен для отображения результатов моделирования.

На логическом уровне в компоненте «Генератор транзактов» формируются данные, которые планируется получить в результате моделирования (рис. 1).

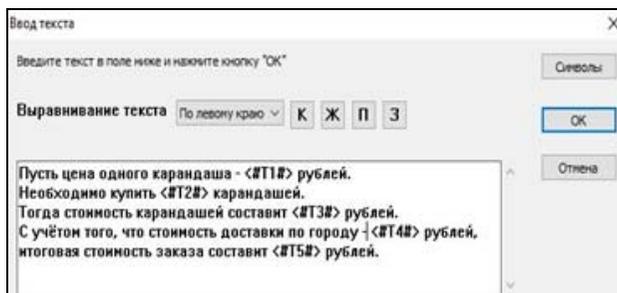


Рис.1. Компонент «Генератор транзактов»

Теги, прописанные в компоненте «Генератор транзактов», будут заполнены в результате моделирования благодаря компонентам «Заполнители параметров», учитывая имя тега в свойствах этого компонента. Компонент «Парсер документа» отвечает за подгрузку электронного документа, содержащего данные, необходимые для моделирования. Для данного примера это документ с ценами за товар и с ценами за доставку. В свойствах этого компонента прописываются параметры, согласно которым необходимо произвести поиск в документе. Затем с полученными данными осуществляются математические операции, согласно требованиям задачи, и по завершении моделирования все данные передаются в компонент «Приёмник текста» для отображения на визуальном уровне (рис. 2).

Таким образом, в результате моделирования на визуальном уровне получим данные о цене товара, цене доставки и о полной стоимости всего заказа. Причем количество товара остается варьированным, благодаря чему стоимость всего заказа будет меняться автоматически (рис. 3).

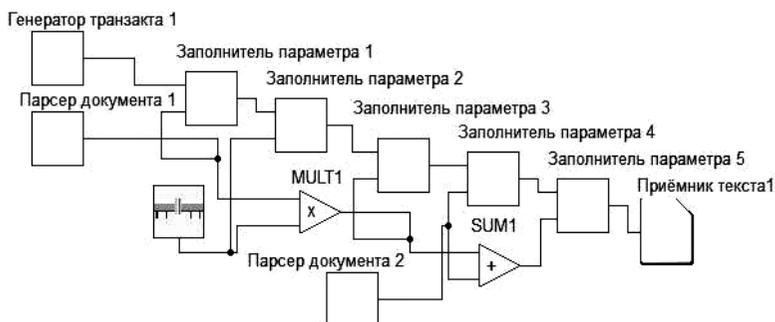


Рис. 2. Модель формирования заказа на логическом уровне

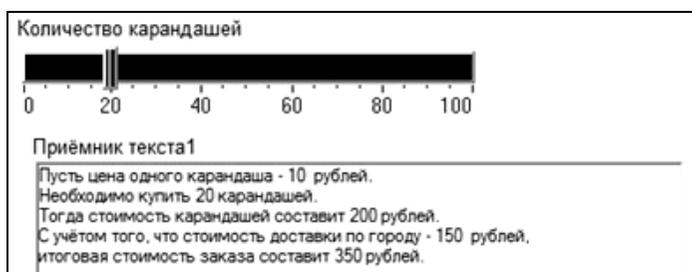


Рис. 3. Модель формирования заказа на визуальном уровне

В заключение можно отметить, что в связи со стремительным развитием технологий и повсеместным внедрением электронного документооборота параметризация компьютерных моделей с помощью электронных документов является актуальной и позволяет сократить временные затраты [3].

В дальнейшем планируется развитие компонента «Парсер документа» для решения более сложных задач.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ганджа Т.В. Алгоритм параметризации многоуровневых компьютерных моделей эколого-экономических систем / Т.В. Ганджа, С.А. Панов, Т.Е. Григорьева // Татищевские чтения: актуальные проблемы науки и практики: матер. XIII Междунар. науч.-практ. конф., 21–24 апреля 2016 г., Тольятти. – Тольятти: Изд-во Волж. ун-га им. В.Н. Татищева, 2016. – С. 157–163.
2. MAPC – среда моделирования технических устройств и систем / В.М. Дмитриев, А.В. Шутенков, Т.Н. Зайченко, Т.В. Ганджа. – Томск: В-Спектр, 2011. – 278 с.
3. Панов С.А. Интерактивное документирование бизнес-процессов в среде моделирования MAPC / С.А. Панов, Т.Е. Григорьева // Электронные средства и системы управления: матер. докладов XI Междунар. науч.-практ. конф., Томск, 25–27 ноября 2015 г. – Томск: В-Спектр, 2015. – Ч. 2. – С. 289–293.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ СРАВНЕНИЯ ДВУХ ВИДОВ ПЛАТЕЖЕЙ ПО КРЕДИТУ В БАНКЕ

*А.П. Сайнакова, магистрант;*

*Т.Е. Григорьева, аспирант каф. МиСА*

*Научный руководитель В.М. Дмитриев, зав. каф. МиСА, проф., д.т.н.*

*Томск, ТУСУР, saynakovaann@gmail.com*

Деньги нужны всем и всегда, но далеко не у каждого есть достаточно возможностей для того, чтобы заработать необходимую денежную сумму. В таком случае выход остается только один – просто взять заем, который поможет получить деньги на любые цели.

Таким образом, актуальность потребительского кредита остается достаточно высокой. Люди активно берут деньги для решения своих финансовых проблем. Конкуренция между банками заставляет финансовые организации идти на уступки своим клиентам и предлагать наиболее простые условия.

Различают несколько видов платежей.

Аннуитетный платеж – вариант ежемесячного платежа по кредиту, когда размер ежемесячного платежа остаётся постоянным на всём периоде кредитования. Ежемесячный платёж при аннуитетной схеме погашения кредита состоит из двух частей. Первая часть платежа идёт на погашение процентов за пользование кредитом. Вторая часть идёт на погашение долга.

Дифференцированный платеж – это способ погашения кредита, при котором заемщиком выплачивается основная сумма займа («тело кредита») равными частями, а начисление процентов осуществляется только на остаток задолженности в каждый конкретный момент времени [1].

Для моделирования основных видов платежей в банке будем использовать среду моделирования MAPS, которая позволяет строить финансовые модели платежей и варьировать параметрами этих моделей, благодаря чему не требуется пересчитывать данные вручную, а они будут изменяться автоматически. Также в СМ MAPS разработана методика многоуровневого представления информации, позволяющая формировать готовый отчет результатов моделирования на 3 слоях: объектном, логическом и визуальном.

Пусть заемщик хочет оформить потребительский кредит без обеспечения в Сбербанке на 100 тыс. руб. на 3 года, где процентная ставка будет равна 16,9%. Ему предложили два вида платежа: аннуитетный и дифференцированный.

Целью моделирования является сравнение двух видов платежей и выбор кредита с минимальной суммой переплаты.

Для этого построим одноканальную модель получения кредита, представленную на 3 слоях: объектном, логическом и визуальном.

Объектный слой состоит из трех компонентов: «Источник фишек»; «Оператор» и «Хранилище фишек» (рис. 1).



Рис. 1. Модель расчета выплат кредита на объектном слое

Таким образом, получаем, что «Источник фишек» – количество клиентов, пришедших в банк, «Оператор» обслуживает клиентов, «Хранилище фишек» – число клиентов, уже обслуженных оператором.

На логическом слое представлена модель сравнения аннуитетных и дифференцированных платежей, предоставляющих определенные условия получения кредита, состоящая из компонентов: «Генератор транзакта 1», «Заполнитель параметров 1–9», «Вывод текста», «Движок», «Вещественное число 1–5», «Умножение 1, 2», «Деление 1, 2», «Сумма».

<p>Заемщик хочет оформить "Потребительский кредит без обеспечения" в Сбербанке. Ему предложили два вида оплаты кредита: аннуитетный и дифференцированный, где: Общие данные: 1) Сумма кредита &lt;#T1#&gt; руб.; 2) Срок [месяцы] &lt;#T2#&gt;; 3) Процентная ставка аннуитетного платежа по кредиту составляет &lt;#T3#&gt; %; 4) Эффективная процентная ставка Аннуитетного платежа равна &lt;#T4#&gt; %; 5) Сумма переплаты Аннуитетного платежа &lt;#T5#&gt; руб.; 6) Всего нужно отдать по Аннуитетному платежу &lt;#T6#&gt; руб.; 7) Эффективная процентная ставка Дифференцированного платежа &lt;#T7#&gt; %; 8) Сумма переплаты Дифференцированного платежа &lt;#T8#&gt; руб.; 9) Всего нужно отдать по Дифференцированному платежу &lt;#T9#&gt; руб..</p>
--

Рис. 2. Ввод текста в компоненте «Генератор транзактов»

В компоненте «Генератор транзакта 1» указываются теги: <#T1#>, <#T2#>, <#T3#>, <#T4#>, <#T5#>, <#T6#>, <#T7#>, <#T8#>, <#T9#>, которые необходимо заполнить в процессе моделирования.

Получаем, что «Заполнитель параметров 1» – это определенная сумма займа; «Заполнитель параметров 2» – срок выплаты кредита [месяц]; «Заполнитель параметров 3» – годовая процентная ставка; «Заполнитель параметров 4» – эффективная процентная ставка для расчета аннуитетного платежа; «Заполнитель параметров 5» – сумма переплаты в аннуитетном платеже; «Заполнитель параметров 6» – итоговая сумма кредита по расчету аннуитетного платежа; «Заполнитель параметров 7» – эффективная процентная ставка по расчету диф-

ференцированного платежа; «Заполнитель параметров 8» – сумма переплаты дифференцированного платежа; «Заполнитель параметров 9» – итоговая сумма дифференцированного платежа.

Таким образом, модель на логическом слое имеет вид, как на рис. 3.

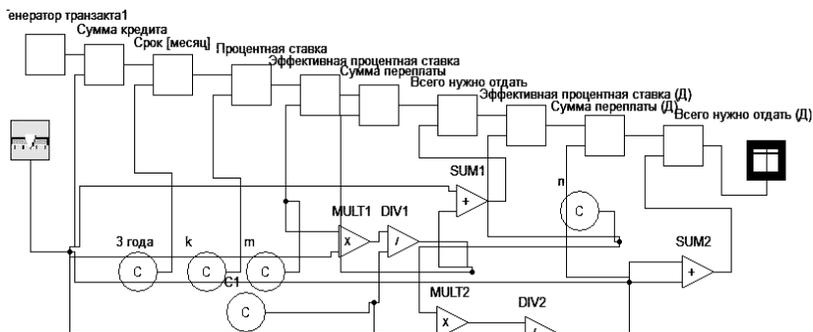


Рис. 3. Модель расчета аннуитетного и дифференцированного платежа

На визуальный слой выводится полученная информация на логическом слое (рис. 4):

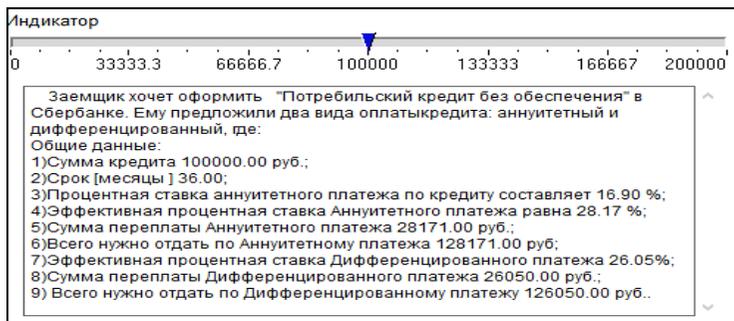


Рис. 4. Результаты моделирования на визуальном слое

Таким образом, в результате моделирования расчёта аннуитетного и дифференцированного платежа в банке итоговая сумма кредита аннуитетного платежа с учётом процентов составляет 128 171 руб., а итоговая сумма дифференцированного платежа – 126 050 руб.

Результаты моделирования показывают, что при длительном сроке кредитования переплаты по кредитам с дифференцированной схемой выплат выгоднее, чем с аннуитетной (поскольку итоговая сумма выплат меньше). Однако более тщательное изучение этого вопроса показывает, что дифференцированный платеж основывается на оцен-

ке платежеспособности заемщика, а аннуитетный платеж остается неизменным в течение всего срока.

Следовательно, каждый вид платежа имеет свои преимущества и недостатки. Выбор того или иного платежа будет зависеть от заемщика и от его платежеспособности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Полякова К.В. Экономическая наука и практика: матер. Междунар. науч. конф., г. Чита, февраль 2012 г. – Чита: Молодой ученый, 2012. – С. 79–82.

### **ОБЗОР ИНСТРУМЕНТОВ ДЛЯ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

*М.И. Кочергин, аспирант, ассистент каф. МиСА*

*Научный руководитель В.М. Дмитриев, зав. каф. МиСА, д.т.н.  
Томск, ТУСУР, max24kochergin@gmail.com*

Целью обзора является выбор наиболее подходящих программно-инструментальных средств для моделирования физических процессов, которые лежат в основе большинства физических и физико-технических систем (например, полёт снаряда, управление наполнением бака в системе водоснабжения). Все инструменты для компьютерного моделирования можно условно разделить на группы: 1) среды моделирования; 2) системы компьютерной математики; 3) специализированные программы (интерактивные демонстрации и тренажёры); 4) программы, реализующие численные методы (Excel) [1]. Рассмотрим каждую группу кратко, а системы моделирования подробнее, так как они обладают большим по сравнению с другими функционалом для моделирования и проведения вычислительных экспериментов.

**Специализированные программы.** К этой группе относятся различные тренажёры, интерактивные конструкторы и демонстрации, например Стратум и Interactive physics, в которые заложены численные методы и методы моделирования, но они неизменяемы и не доступны пользователю, т.е. эти программы имеют ограниченный и закрытый банк задач и примеров. При этом они обладают очень высоким уровнем визуализации.

**Системы компьютерной математики (СКМ).** Сюда относятся такие прикладные пакеты, как Mathcad, Mathematica, Maxima. Каждый из них обладает своими преимуществами, например, Mathcad легче и удобнее позволяет решать несложные задачи, а Mathematica имеет большое количество различных расширений (нейронные сети, обработка текста и языка) и широкие возможности для визуализации дан-

ных. Главным достоинством моделирования с помощью СКМ можно назвать прозрачность математических расчетов и простоту их записи [2]. При этом стоит отметить большее количество недостатков: а) необходимость математического описания модели «вручную»; б) связь между этапами моделирования просматриваются неявно; в) отсутствие возможности «блочного моделирования» (отсутствие типовых блоков-моделей); г) отсутствие функциональной схемы модели (диаграммы); д) отсутствие специальных элементов для ввода/вывода; е) отсутствие виртуальных приборов; ж) отсутствие возможности быстрой модификации модели.

**Системы компьютерного моделирования.** К этому типу относятся такие системы, как LabView, Simulink, VisSim, CM MAPC.

Simulink – графическая среда имитационного моделирования, входящая в состав пакета Matlab. Среда содержит готовые расширяемые библиотеки блоков для различных областей физики и техники (гидравлика и др.), алгоритмические и структурные блоки; полностью интегрирована с Matlab и имеет доступ к различным расширениям (нейронные сети, нечёткая логика, 2D- и 3D-графика, анимация и т.д.) и языку программирования. Имеет возможность сокрытия фрагмента модели внутри создаваемого функционального блока с входами и выходами («вкладыш»). Модели представляются на одном слое. Особенность среды – использование диаграмм состояний stateflow (аналог диаграммы конечного автомата в языке UML). В среде присутствует возможность доступа к переменной по имени из любого места и автоматической генерации кода программы на C.

VisSim – визуальный язык моделирования динамических систем. Содержит арифметические блоки, математические функции, передаточные функции, блоки интерактивного вывода и численного интегрирования. Основные области моделирования: электрические, тепловые, механические, гидравлические процессы, эконометрика и др. Среда позволяет генерировать код программы на ANSI C. Имеет расширения для нейронных сетей, клиента передачи данных с сервером и др. Также имеет возможности для интеграции с Mathcad, Matlab. Имеет наглядные средства анимации изображений. Готовые блоки для моделирования физических процессов отсутствуют. Модели составляются из блоков математических и функциональных операций и отображаются на одном слое. Для представления модели используются «вкладыши», аналогичные Matlab.

LabView – среда разработки с графическим языком программирования. Имеет широкий спектр алгоритмических и структурных блоков, а также арифметических и функциональных. Специальные блоки

для моделирования физических процессов отсутствуют. Модели записываются в аналитическом виде (в виде формулы) в специальных блоках, соединяемых с источниками данных и средствами визуализации. В среде имеется возможность создания новых компонентов с моделью внутри, а также пополнять ими библиотеку моделей. Есть дополнительные библиотеки для удалённой передачи данных, математических методов обработки данных, доступа к базам данных, визуализации данных (2D и 3D). Особенность – использование 2 уровней для моделирования: лицевой панели (интерфейс) и блочной диаграммы (логика работы).

СМ MAPC – мультифизическая среда многоуровневого моделирования. Имеются различные структурные, алгоритмические, арифметические компоненты, компоненты для доступа к базам данных и реализующие численные методы. Присутствуют специальные компоненты для моделирования физических процессов, а также возможность пополнения библиотеки компонентов. Имеется возможность создания отдельных исполняемых приложений, генерации кода для программирования микроконтроллеров. Особенности: разделение физического и логического поведения объектов, многоуровневое представление моделей (объектный, логический и визуальный слои), возможность создания активных компонентов (многоуровневых компонентов с логическим и физическим поведением) и макрокомпонентов (компонентов с входами и выходами, содержащих часть модели внутри), а также виртуальных приборов и блоков обработки сигналов).

**Заключение.** Наиболее приемлемыми для компьютерного моделирования физических процессов нам представляются системы компьютерного моделирования, реализующие объектно-ориентированный подход к моделированию, такие как СМ MAPC, Simulink и др. При этом каждый инструмент обладает своими особенностями и возможностями: Simulink имеет большую библиотеку надстроек и поддержку языка программирования, а также возможность представления модели в виде диаграмм состояний, LabView использует двухуровневое моделирование, что удобно для создания виртуальных приборов, в свою очередь СМ MAPC базируется на принципах метода компонентных цепей и многоуровневого моделирования, что предполагает несколько иной подход с разделением поведения объекта на логическое и физическое, а также позволяет разрабатывать отдельные исполняемые учебно-иллюстративные модули. Немаловажным фактором выбора инструмента для работы является и его рыночная цена.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Дмитриев В.М., Филиппов А.Ю., Ганджа Т.В., Дмитриев И.В.* Компьютерное моделирование физических задач. – Томск: В-Спектр, 2010. – 248 с.
2. *Дьяконов В.П.* Тенденции развития компьютерной математики // Системы компьютерной математики и их приложения. – 2015. – №16. – С. 8– 13.

## НЕЙРОСЕТЕВАЯ МОДЕЛЬ ТРЕХМЕРНОЙ ПОВЕРХНОСТИ С ИНТЕРПОЛЯЦИЕЙ КООРДИНАТ

***В.И. Маковкин, магистрант каф. АОИ***

*Научный руководитель Н.В. Замятин, проф. каф. АОИ, д.т.н.*

*Томск, ТУСУР, assorti2030@yandex.ru*

На многих предприятиях существуют резервуарные парки, требующие оперативного и точного измерения объемов содержащихся в них веществ. Если вещество сыпучее или имеет другую консистенцию, отличную от жидкой, то оно образует неровную поверхность, выпуклую или вогнутую (в зависимости от того, наполняется резервуар или из него откачивается смесь). Из-за сложностей оценки объема веществ под неровной поверхностью обычно вычисляется усредненный объем в резервуаре по значению уровня, что вызывает большие погрешности вычисления значений объемов [1].

Поэтому необходимо выполнить исследования и построить нейросетевую модель поверхности, позволяющей с достаточной точностью вычислять объем вещества под этой поверхностью (рис. 1).

На доступных для исследования объектах резервуары имеют закрытую конструкцию и узкие отверстия для откачки и наполнения веществ из резервуара, а также небольшое отверстие для циркуляции воздуха. Так как невозможно внести изменения в конструкцию резервуара, то невозможно провести и сканирование поверхности вещества внутри резервуара. Поэтому эксперимент проводился в лабораторных условиях, в качестве резервуара для анализа модели поверхности использовался цилиндрический объект в виде трубы.

В качестве модели поверхности выбрана РБФ нейронная сеть, входы которой поступали значения уровня для обучения [2]. Ось  $Oz$  проходит через центр модели вертикального резервуара, а значения уровня измеряются на одинаковых интервалах  $\varphi$  и  $r$  друг от друга.

Эксперимент проводился на цементе марки М400. Диаметр резервуара: 23,28 см. Шаг по  $r$ : 3,88 и 1,94 см. Шаг по  $\varphi$ : 30 и 15°. В качестве измерителя уровня использовался лазерный дальномер SICKDT50 (погрешность  $\pm 1$  мм). Для создания искусственной ней-

ронной сети использовалась среда моделирования Matlab. На рис. 2 изображена архитектура радиальной базисной сети.

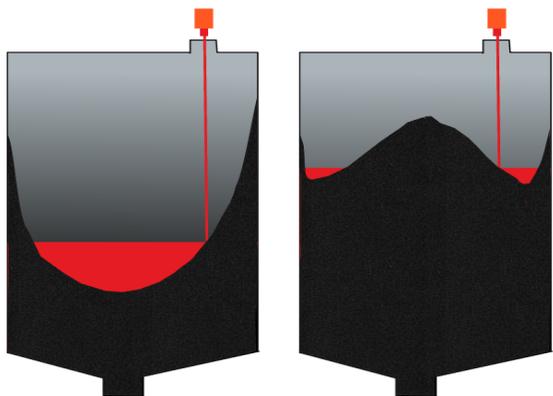


Рис. 1. Форма поверхности при наполнении или откачке вещества в резервуаре

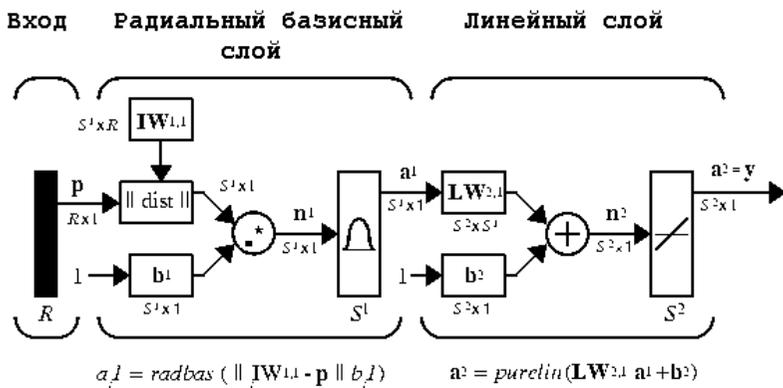


Рис. 2. Схема архитектуры радиальной базисной сети

Данные функции точно симулируют работу РБФ нейронных сетей:  $\|\text{dist}\|$  – евклидово расстояние между значениями входного вектора и центрами ядер нейронных сетей;  $b_1, b_2$  – смещение, позволяет регулировать чувствительность нейронов;  $\text{IW}, \text{LW}$  – веса нейронов.

Функция активации ядра  $\text{radbas}$  [3] в Matlab представлена в виде формулы

$$a = e^{-n^2},$$

где  $n = \|\text{dist}\|$ .

Таким образом, полученные после обучения веса нейронов, их функции и коэффициент смещения позволили сформировать аппрок-

симирующую нелинейную модель в виде суперпозиции радиально базисных функций, примеры которых графически представлены на рис. 3.

Применяемая радиально базисная функция не работает с цилиндрическими координатами напрямую из-за евклидова расстояния между центром и точками, поэтому проведена замена переменных по Якобиану через выражение

$$\begin{cases} x = r \cos \varphi, \\ y = r \sin \varphi. \end{cases}$$

Для определения наиболее эффективной активационной функции проведены опыты над каждым видом РБФ [4], и по результатам экспериментов в качестве окончательных вариантов выбраны мультикватратичная и кубическая (полигармоническая с  $k = 3$ ) функции, практически не имеющие визуальных отличий.

При обучении нейронной сети для аппроксимации поверхности с точностью порядка девяноста девяти процентов и снижения времени обучения в данном эксперименте оказалось достаточно двенадцати нейронов.

Графический результат аппроксимируемых поверхностей одного из экспериментов изображен на рис. 3.

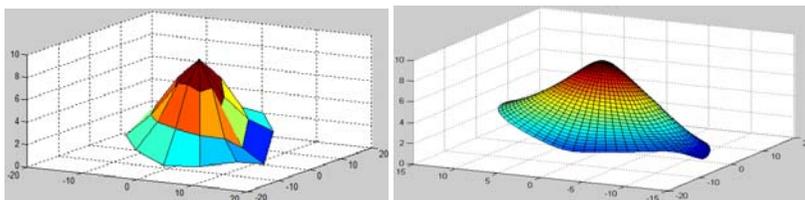


Рис. 3. Полученные значения уровней и результат работы нейронной сети с мультикватратичной РБФ

Результаты эксперимента показали, что использование данного способа аппроксимации поверхности вещества в виде нейросетевой модели в резервуаре целесообразно. При оптимизации процесса обучения нейронной сети время обработки данных составляет доли секунды в системе Matlab. Точность моделируемой поверхности значительно превышает другие методы, поэтому рекомендуется ее применение на практике.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Маковкин В.И., Замятин Н.В.* Автоматизированная система мониторинга резервуарного парка // Электронные средства и системы управления:

матер. 11-й Междунар. науч.-практ. конф. г. Томск, ТУСУР. – 2015. – Т. 2. – С. 93–97.

2. *Маковкин В.И.* Интерполяция координат трехмерной поверхности сыпучих смесей с помощью искусственных нейронных сетей: матер. Всерос. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. – Томск: Изд-во ТУСУРа, 2016. – Т. 3. – С. 115–118.

3. *MathWorks* // Radbas [Электронный ресурс]. – 2014. – URL: <http://www.mathworks.com/help/nnet/ref/radbas.html> (дата обращения: 1.05.2015).

4. *MarkOrrRadial* Basis Function Networks [Электронный ресурс]. – 1999. – URL: <http://www.anc.ed.ac.uk/rbf/> (дата обращения: 10.04.2015).

## **ИНТЕРАКТИВНОЕ УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ТЕОРИЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ И ИНТЕГРАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ»**

*А.А. Мельник, Л.А. Гембух, студенты*

*Научный руководитель Д.Ю. Жапова, ст. преп. каф. МиСА, к.ф.-м.н.  
Томск, ТУСУР, [zhapovadorzhima@mail.ru](mailto:zhapovadorzhima@mail.ru), [imdarkcount@yandex.ru](mailto:imdarkcount@yandex.ru)*

В наше время информационные технологии развились до такой степени, что у образовательных учреждений появилась возможность изменить подход к форме обучения. Примером такого случая является дистанционное образование, во время которого обучающийся изучает предмет без участия преподавателя непосредственно в процессе. Однако не для всех студентов доступны учебные пособия в традиционном виде, т.е. в форме бумажной книги. Распространение Интернета позволяет восполнить данный недочет, но не все обучающиеся способны найти необходимую информацию, представленную в доступном для их понимания виде. Причина этого кроется в слабой структуризации подаваемого материала и строго научном стиле изложения.

Возможным решением данной проблемы является создание интерактивного пособия, распространяемого в электронном виде, информация в котором написана более доступно и понятно для обучающихся. В данной работе рассматривается создание пособия по дисциплине «Теория дифференциальных и интегральных уравнений».

Учебное пособие предполагается сделать доступным для всех желающих и распространять через Интернет. Предполагаемым эффектом является повышение уровня интеллектуальной грамотности обучающихся, пользующихся данным пособием. Следствием этого будет являться повышение компетентности будущих специалистов при снижении затрачиваемого на это времени преподавателей ввиду самостоятельного обучения.

Структура электронного учебника по каждой теме представляет собой следующее:

1. Лекционный материал.
2. Разобранные примеры и задачи по теме.
3. Вопросы и примеры для самопроверки.

Инновационным решением в разделе заданий для самопроверки является алгоритм генерации уникального варианта задач для каждого обучающегося. Такой подход позволяет исключить использование готовых решений и как следствие улучшение понимания темы. После каждых пройденных 5 тем будут даваться экспресс-тесты, результаты которых, к примеру, можно использовать как основание для выставления оценки обучающемуся. В данной работе обобщены, структурированы и доработаны материалы лекционного курса «Теория дифференциальных уравнений первого порядка», читаемого на кафедре МиСА студентам второго курса, с целью создания электронного учебника по данной теме. Рассмотренные темы:

- 1) простейшие дифференциальные уравнения первого порядка;
- 2) уравнения с разделяющимися переменными;
- 3) однородные уравнения;
- 4) уравнения, приводящиеся к однородным;
- 5) линейные однородные уравнения;
- 6) линейные неоднородные уравнения;
- 7) уравнение Бернулли;
- 8) уравнения в полных дифференциалах;
- 9) уравнения, не разрешенные относительно производной;
- 10) уравнение Лагранжа;
- 11) уравнение Клеро;
- 12) уравнение Риккати.

Преимущества создания электронного учебника состоят в следующем:

1. Возможность распространения интерактивного пособия в пунктах проживания, удаленных от учебного учреждения.
2. Сокращение времени работы преподавателя.
3. Возможность углубленного изучения курса обучающимся в индивидуальном ритме.

При создании лекционного материала будут использованы зарекомендовавшие себя учебные пособия [1–10].

В дальнейшем планируется расширить темы лекционного материала, включив разделы «Дифференциальные уравнения высших порядков», «Уравнения в частных производных» (в том числе уравнения математической физики), «Интегральные уравнения» и др.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Степанов В.В.* Курс дифференциальных уравнений / В.В. Степанов. – М.: ГТТИ, 1950. – 473 с.
2. *Матвеев Н.М.* Методы интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений. – М.: Высшая школа, 1967. – 564 с.
3. *Эльсгольц Л.Э.* Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление. – М.: Наука, 1969. – 424 с.
4. *Понтрягин Л.С.* Обыкновенные дифференциальные уравнения. – М.: Наука, 1974. – 331 с.
5. *Еругин Н.П.* Книга для чтения по общему курсу дифференциальных уравнений. – Минск: Наука и техника, 1979. – 744 с.
6. *Филиппов А.Ф.* Сборник задач по дифференциальным уравнениям. – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2000. – 176 с.
7. *Агафонов С.А.* Дифференциальные уравнения / С.А. Агафонов, А.Д. Герман, Т.В. Муратова. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 348 с.
8. *Магазинников Л.И.* Дифференциальное исчисление: учеб. пособие [Электронный ресурс] / Л.И. Магазинников, А.Л. Магазинников. – Томск: ТУСУР, 2007. – 191 с. – Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/2246>
9. *Демидович Б.П.* Дифференциальные уравнения: учеб. пособие. – 3-е изд. / Б.П. Демидович, В.П. Моденов. – СПб.: Лань, 2008. – 288 с.
10. *Ельцов А.А.* Дифференциальные уравнения: учеб. пособие / А.А. Ельцов, Т.А. Ельцова. – Томск: ТУСУР, 2013. – 104 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/6062>

## КЛАССИФИКАЦИЯ КОМПОНЕНТОВ ПОДСИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ПОДДЕРЖКИ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

*С.А. Панов, ст. преп. каф. МИСА*

*Научный руководитель Т.В. Ганджа, доцент каф. МИСА, к.т.н.  
Томск, ТУСУР, [spytech3000@gmail.com](mailto:spytech3000@gmail.com)*

Процесс создания и выполнения экспериментов над компьютерными моделями (КМ) технических объектов (ТО) сопряжён с целым рядом существенных трудностей. В связи с тем, что они могут содержать большое множество различных параметров, которые должны иметь актуальные значения, необходимо обеспечить их автоматизированную параметризацию. Также необходимо обеспечить возможности численной (математической) обработки, оперативной визуализации и интерактивного документирования результатов экспериментов. Для решения этой проблемы разрабатывается среда многоуровневого компьютерного моделирования «МАРС» [1] с входящей в её состав подсистемой автоматизированной поддержки экспериментов (АПЭкс) [2].

Многоуровневый редактор моделей среды «МАРС» содержит три взаимосвязанных уровня: на визуальном уровне формируется панель управления КМ ТО; на логическом – алгоритм проведения эксперимента над КМ ТО; на объектном – КМ ТО.

Подсистема АПЭкс представляет собой набор (библиотеку) компонентов логического уровня, позволяющих автоматизировать все этапы экспериментов. Для удобства использования все компоненты подсистемы АПЭкс разбиты на группы, каждая из которых содержит компоненты для автоматизации определённого этапа эксперимента.

**Этап 1. Параметризация компьютерной модели.** Она осуществляется за счёт автоматического извлечения параметров из базы данных (БД). Обеспечивается за счёт следующих компонентов подсистемы АПЭкс: компонент подключения к БД; компонент произвольного запроса к БД; компонент выбора данных из БД.

**Этап 2. Анализ компьютерной модели.** Для автоматизации данного этапа в подсистеме АПЭкс предусмотрена группа компонентов, включающая в себя:

а) компоненты алгебраизации дифференциальных уравнений системы: 1) компонент явного метода Эйлера; 2) компонент неявного метода Эйлера; 3) компонент метода трапеций; 4) компонент метода Гира; 5) компонент для частотного анализа;

б) компоненты решения линеаризованной системы уравнений;

в) компонент изменения времени (частоты) с постоянным или с переменным шагом с учётом заданной точности для потенциальных и потоковых переменных.

**Этап 3. Обработка результатов экспериментов.** Осуществляется за счёт использования следующих компонентов-функционалов: 1) общематематические; 2) временные стационарные; 3) временные переходные; 4) частотные; 5) параметрические.

**Этап 4. Визуализация и документирование результатов экспериментов.** Для визуализации результатов экспериментов используются цифровые табло, графики, осциллограммы и другие компоненты визуального слоя среды МАРС. Компоненты, используемые для автоматизированного формирования отчётов о проведенных экспериментах [4]: 1) компонент «Документ»; 2) компонент «Числовой интерпретатор»; 3) компонент «Таблица»; 4) компонент «Источник формул»; 5) компонент «Рисунок»; 6) компонент «Источник текста»; 7) компонент «Приёмник текста».

Рассмотрим простой пример. Необходимо создать адекватную КМ такого объекта химико-технологической системы, как теплообменник. Теплообменник – это устройство, в котором осуществляется

теплообмен между двумя теплоносителями, имеющими различные температуры.

На первом этапе осуществляется параметризация КМ теплообменника. В базе данных содержится информация о различных веществах, которые могут использоваться в теплообменнике в качестве теплоносителя. Необходимо осуществлять параметризацию таким образом, чтобы КМ имела необходимое решение, совпадающее с результатами измерения соответствующих характеристик реального объекта. Для теплообменника такой характеристикой может являться температура теплоносителя на выходе. Если полученная КМ недостаточно адекватно описывает протекающие в реальном теплообменнике процессы, может быть произведена коррекция значений выбранных параметров модели. Она заключается в минимизации целевой функции, составленной относительно наблюдаемых переменных модели и соответствующих им характеристик реального теплообменника. Для оперативного нахождения минимума целевой функции может быть использован, например, метод градиентного спуска.

Вторым этапом моделирования является выполнение вычислительного эксперимента (ВЭ) над КМ. На данном этапе либо формируется и решается система алгебро-дифференциальных уравнений (математическая модель), либо выполняется определённый алгоритм (имитационная модель). Результатом ВЭ могут выступать как отдельные числовые значения, так и массивы данных различных типов.

Третьим этапом моделирования является обработка результатов ВЭ. Например, поиск минимума или максимума, определение среднего арифметического значения и т.д.

Заключительным этапом моделирования являются визуализация результатов ВЭ и их документирование. На этом этапе результаты моделирования отображаются в виде графиков, диаграмм, таблиц экспериментальных данных, отдельных числовых показаний и т.д. Благодаря использованию подсистемы АПЭкс становится возможным создание паспорта теплообменника – документа, который будет отражать все необходимые параметры теплообменника (например, его рассчитанные длину и диаметр).

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Дмитриев В.М., Шутенков А.В., Зайченко Т.Н., Ганджа Т.В.* МАРС – среда моделирования технических устройств и систем. – Томск: В-Спектр, 2011. – 278 с.
2. *Панов С.А.* Разработка архитектуры системы поддержки автоматизированных экспериментов / С.А. Панов, Т.Е. Григорьева, С.К. Важенин // Перспективы развития фундаментальных наук: сб. тр. XIII Междунар. конф. студентов, аспирантов и молодых учёных, Россия, Томск, 26–29 апреля 2016 г. /

под ред. И.А. Курзиной, Г.А. Вороновой. – Томск: НИ ТПУ, 2016. – С. 102–104. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://science-persp.tpu.ru/Arch/Proceedings\\_2016\\_vol\\_7.pdf](http://science-persp.tpu.ru/Arch/Proceedings_2016_vol_7.pdf) (дата обращения: 13.05.2016).

3. *Дмитриев В.М.* Система виртуальных инструментов и приборов для автоматизации учебных и научных экспериментов / В.М. Дмитриев, Т.В. Ганджа, С.А. Панов // Программные продукты и системы. – 2016. – № 3. – С. 154–162.

4. *Ганджа Т.В.* Задачи и архитектура подсистемы документирования исследований в среде многоуровневого моделирования МАРС / Т.В. Ганджа, С.А. Панов // Доклады ТУСУРа. – 2011. – № 2(24), ч. 2. – С. 334–338.

## **МНОГОУРОВНЕВАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ РЕГУЛЯТОРА МЕТОДОМ ЦИГЛЕРА–НИКОЛЬСА**

*В.М. Дмитриев, Т.В. Ганджа, С.А. Панов, каф. МuСА  
Томск, ТУСУР, spytech3000@gmail.com*

При проектировании и функционировании систем автоматического управления важной задачей является определение коэффициентов регуляторов, удовлетворяющих заданным критериям. Одним из достаточно простых методов расчета параметров ПИД-регулятора линейных САУ является метод Циглера–Никольса [1]. На его основе студентам, изучающим курс «Теория автоматического управления», наглядно можно продемонстрировать суть всех более сложных методов синтеза регуляторов.

Суть метода Циглера–Никольса заключается в том, что при нулевых интегральном  $K_I$  и дифференциальном  $K_D$  коэффициентах осуществляется определение такого значения пропорционального коэффициента  $K_P$ , при котором система находится на границе устойчивости. На основе найденного коэффициента и измеренного периода установившихся колебаний  $T^*$  по соответствующим формулам осуществляется вычисление коэффициентов ПИД-регулятора, удовлетворяющих соответствующим требованиям к качеству процессов.

В данной работе для автоматизации метода Циглера–Никольса применена среда многоуровневого компьютерного моделирования [2]. Формируемая в ней многоуровневая компьютерная модель (КМ) состоит из трех взаимосвязанных уровней:

– *объектного уровня*, на котором в виде принципиальной или структурной схемы располагается компьютерная модель исследуемого объекта со встроенной в нее моделью ПИД-регулятора;

– *логического уровня*, где в формате алгоритмических КЦ располагается алгоритм метода Циглера–Никольса, состоящий из блока определения пропорционального коэффициента  $K_{Pkp}$  и основанного на нём блока расчета остальных коэффициентов;

– *визуального уровня*, включающего в себя средства визуализации результатов экспериментов и органы управления параметрами исследуемой КМ объекта.

Рассмотрим реализацию метода Циглера–Никольса на примере системе установки и поддержки заданной скорости вращения пропеллера квадрокоптера.

Содержание объектного слоя многоуровневой КМ системы установки и поддержки заданной скорости вращения пропеллера квадрокоптера представлено на рис. 1. В приведенной компонентной цепи [3] управляемый ПИД-регулятором PID1 электродвигатель представлен апериодическим звеном AZ1, а сам пропеллер с его инерционными свойствами представлен колебательным звеном KZ1. С помощью измерительного компонента I\_Vn1 осуществляется передача временной характеристики выходной переменной с объектного уровня КМ на её логический уровень.

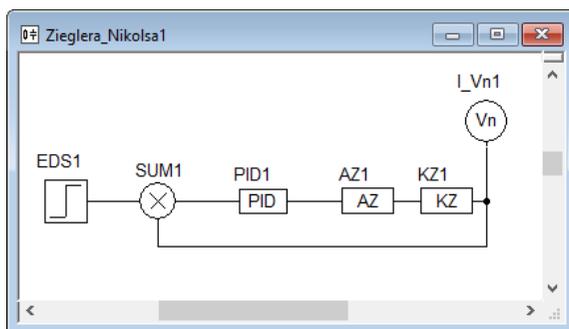


Рис. 1. Объектный уровень многоуровневой компьютерной модели

На логическом слое, представленном на рис. 2, с помощью компонента Border1 по временной характеристике выходной переменной определяется состояние системы. Когда система находится в устойчивом состоянии, он возвращает значение 1, если система в неустойчивом состоянии, то значение 2. Значение 0 возвращается тогда, когда система находится на границе устойчивости. Варьирование пропорционального коэффициента ПИД-регулятора, представленного компонентом PID1, осуществляется компонентом BS1 до тех пор, пока модель САУ не будет находиться на границе устойчивости.

После этого найденный коэффициент  $K_{Kp}$  передается на блок расчета коэффициентов ПИД-регулятора. В него же передается значение периода  $T$ , определяемое с помощью компонента Period1. В нем из компонентов стандартных математических операций реализуются следующие формулы:

– Расчет пропорционального коэффициента  $K_p$  производится по формуле

$$K_p = K_{Kp} \cdot 0,6.$$

Присутствующая в этой формуле операция умножения реализуется компонентом MULT1.

– Вычисление интегрального коэффициента осуществляется на основе формулы

$$K_I = K_{Kp} \cdot 2/T.$$

Операция умножения в этой формуле представлена компонентом MULT2, а операция деления – компонентом DIV1.

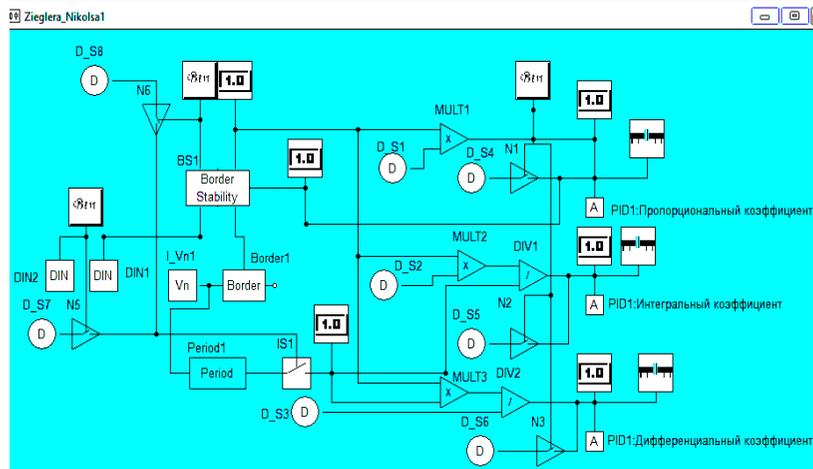


Рис. 2. Логический уровень многоуровневой КМ

– Определение дифференциального коэффициента производится по формуле

$$K_D = K_{Kp} \cdot T/8,$$

которая представлена компонентами MULT3 и DIV2.

Аналогичным образом с помощью многоуровневой КМ может быть реализован любой алгоритм определения коэффициентов регуляторов систем автоматического управления. Данный пример позволяет наглядно представить студентам всю методику проведения расчетов по выбранному методу.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Настройка* типовых регуляторов по методу Циглера–Никольса: метод. указания к выполнению лаб. работы для студентов, обучающихся по специальностям 210100 «Электроника и наноэлектроника» и 201000 «Биотехнические системы и технологии» / сост. О.С. Вадутов; НИ ТПУ. – Томск: Изд-во Том. политехн. ун-та, 2014. – 10 с.
2. *Дмитриев В.М.* Принцип формирования многоуровневых компьютерных моделей SCADA-систем для управления сложными технологическими объектами / В.М. Дмитриев, Т.В. Ганджа // Информатика и системы управления. – 2013. – № 2 (36). – С. 24–36.
3. *Дмитриев В.М.* Автоматизация моделирования промышленных роботов / В.М. Дмитриев, Л.А. Арайс, А.В. Шутенков. – М.: Машиностроение, 1995. – 304 с.

### **РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ОЦЕНИВАНИЯ ОТВЕТОВ СТУДЕНТОВ НА ОСНОВЕ ПЛАГИНА STACK СИСТЕМЫ MOODLE**

*А.С. Репкин, Д.Т. Нугманов, П.В. Перминов, Л.Д. Сеитбекова,  
студенты каф. КИБЭВС*

*Научный руководитель Ю.В. Шабля, м.н.с. каф. КИБЭВС  
Томск, ТУСУР, syv@keva.tusur.ru*

*Проект ГПО КИБЭВС-1701 «Автоматизированная обучающая  
система по математическим дисциплинам»*

В современном мире обучается огромное количество студентов как по очной форме обучения, так и по заочной. Из-за этого возникает необходимость применения средств дистанционного обучения, в том числе и с автоматическим оцениванием. Обычно такие системы выдают краткие ответы «Верно/Неверно», что ведет к отсутствию дифференцированного оценивания.

Такие системы, как «1С: Электронное обучение. Экзаменатор» [1], «Яндекс ЕГЭ» [2], «Тест-обучение» [3], выдают либо полное решение, не конкретизируя место ошибки, либо только сообщение о том, что ответ верен или нет. Систем дистанционного обучения с автоматическим оцениванием много, но их несовершенство заключается в односложных ответах и неполной обратной связи. Плагин «System for Teaching and Assessment using a Computer algebra Kernel» (STACK) системы Moodle позволяет решить проблему дифференцированного оценивания.

Цель работы: применить плагин STACK системы Moodle для разработки системы оценивания ответов студентов.

**Система оценивания.** STACK – плагин для системы Moodle, использующий систему компьютерной алгебры Maxima [4]. Moodle – система управления курсами (электронное обучение), также известная как система управления обучением или виртуальная обучающая среда [5].

За формирование оценок в системе STACK отвечают деревья разбора ответов (potential response tree, prt). В задании может быть несколько входных значений (input, ответ студента на вопрос) и несколько деревьев разбора. При создании вопроса прописывается обратная связь (feedback) – отзыв, содержащий необходимую информацию, который связывает деревья и входные значения между собой.

Каждому входному значению, имеющемуся в распоряжении деревьев разбора ответов, присваивается статус, который меняется при каждой попытке ввода ответа:

- NULL – указывает на то, что в поле ввода еще не был введен ответ или поле пусто, так как обучающийся удалил свой ответ;
- new – указывает на новую попытку ввода ответа, так как предыдущий ответ не был подтвержден или оценен;
- invalid (недействителен) – указывает на то, что входное значение является недействительным;
- valid (действителен) – ответ, который действителен, но не засчитывается;
- score – указывает на то, что ответ доступен для любого потенциального дерева отклика.

Само дерево разбора состоит из узлов, в которых сравнивается значение введенного обучающимся ответа с моделью, прописанной во вкладке «Текст вопроса», и ветвей true и false.

Каждая ветвь дерева может присваивать, прибавлять или отнимать балл.

Каждое дерево разбора вычисляет балл от 0 до 1, который затем умножается на значение вопроса (Question value) дерева разбора ответов. Если полученный балл (назовем его  $s$ ) лежит за пределами этого диапазона, то он принимается равным  $\min(\max(s,0),1)$ .

Так как при решении задания у обучающегося имеется несколько попыток ввода ответа, то за неверные попытки можно устанавливать штраф, который прописывается в поле «Penalty» (штраф). Обычно поле «Penalty» в каждой ветви дерева оставляется пустым, и в этом случае используется значение «Penalty» во вкладке «Общее». Тем не менее эти поля могут быть использованы для удаления какого-либо штрафа для данного результата, установив его равным нулю в явном виде. Вычитаемый балл при каждой попытке обычно выбирается небольшим, чтобы поощрить настойчивость студента при решении задания.

Процент снижения общей оценки за каждую сделанную попытку по умолчанию равен  $10\% = 0,1$ .

Обозначим сумму баллов после обхода конкретного дерева для текущей попытки  $s_k$ , а «Penalty» обозначим как  $p_k$ , тогда для каждой попытки  $k$ :

- если  $s_k = 1$ , то  $p_k = 0$ ;
- если штраф  $p$  в последней ветви перед выходом из дерева отзвона не равен NULL, то  $p_k = p$ ;
- значение  $p_k$  по умолчанию  $10\% = 0,1$ .

Итоговый балл за вопрос – это сумма оценок по всем ветвям дерева, которые имеются в вопросе.

При генерировании вопроса STACK уже имеет правильные ответы, так как создание вопроса идет от сгенерированных ответов. Таким образом, они хранятся в определенных переменных и при прохождении каждой ветки дерева идет проверка равенства переменной со значением, введенным в определенное поле. В зависимости от перехода определяется последующий узел дерева, изменяется коэффициент результирующего балла и выводится обратная связь. Все параметры задаются при создании вопроса. Результирующий балл равен произведению коэффициента и максимального возможного балла за задание.

**Анализ полученных результатов.** Результатом работы являются два тренажера, с помощью которых возможно проводить обучение решению сложных заданий по математике и смежным к ней дисциплинам, корректно и справедливо оценивать уровень знаний обучающегося, а также показывать отзывы к введенному ответу.

**Заключение.** Благодаря подобной системе появляется возможность дифференцирования оценок обучающихся, т.е. выдавать максимально корректную и справедливую оценку в зависимости от степени правильности ответа. Индивидуальная работа с каждым заданием позволяет приблизить качество оценивания к личной оценке преподавателя, что благоприятно влияет на успеваемость и мотивацию обучающегося.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *IC: Электронное обучение*. Экзаменатор [Электронный ресурс]. – URL: <https://v8.1c.ru/elo/exam/> (дата обращения: 28.02.2017).
2. *Яндекс ЕГЭ* [Электронный ресурс]. – URL: <https://ege.yandex.ru> (дата обращения: 28.02.2017).
3. *Тест-обучение* [Электронный ресурс]. – URL: <http://test-training.ru> (дата обращения: 28.02.2017).
4. *Документация по STACK* [Электронный ресурс]. – URL: <http://stack.bham.ac.uk/moodle/question/type/stack/doc/doc.php/> (дата обращения: 28.02.2017).
5. *Документация по Moodle*. – Ч. I–IV / пер. с англ. и коммент. В.А. Тунда при ред. участии Т.Д. Тарасенко. – Томск, 2014. – 510 с.

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ФОНДА  
ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
«ОПТИЧЕСКИЕ НАПРАВЛЯЮЩИЕ СРЕДЫ»**

***П.А. Рыскаленко, магистр каф. СВЧиКР***

*Научный руководитель **В.И. Ефанов**, проф. каф. СВЧиКР*

*Томск, ТУСУР, zaych361@gmail.com*

Подготовка студентов для их последующей деятельности в области инфокоммуникационных технологий является комплексной задачей, требующей значительных трудозатрат обучающего персонала. Стандартизация подходов к процессу обучения возможна через использование автоматизированных средств анализа и проверки знаний обучающихся. Целью данной работы явилось создание комплекса методических материалов для оценки уровня подготовленности студентов в области инфокоммуникационных технологий, в частности по дисциплине «Оптические направляющие среды».

Уже на этапе проектирования основной образовательной программы необходимо планировать, какими способами и средствами будут оцениваться результаты обучения, что будет служить доказательством достижения целей образовательных программ.

При оценке знаний большого числа студентов наблюдается загруженность преподавателя работой, связанной с большим объемом обработки результатов. А такие факторы, как небеспристрастность и списывание, могут дополнительно исказить адекватность оценки знаний студентов и затруднять объективную оценку преподавателя качества своей педагогической работы.

На современном этапе при оценке знаний студентов перечисленные проблемы в большей степени решаются использованием такой формы обучения и контроля, как тестирование. Этот метод позволяет измерять и интерпретировать результаты обучения с большой долей объективности, являясь оперативной, рациональной и удобной формой аттестации студентов [1].

В качестве примера и с целью апробации данного подхода разработаны комплекты аттестационного педагогического измерительного материала для оценки уровня подготовленности студентов по дисциплине «Оптические направляющие среды».

Использование программы для создания компьютерных средств контроля результатов обучения «MyTest» [2] позволило получить исполнительный файл для запуска в среде Windows, содержащий разработанные методические материалы.

На рис. 1 приведен снимок экрана модуля «Редактор тестов» (MyTestEditor) с разрабатываемой структурой теста.

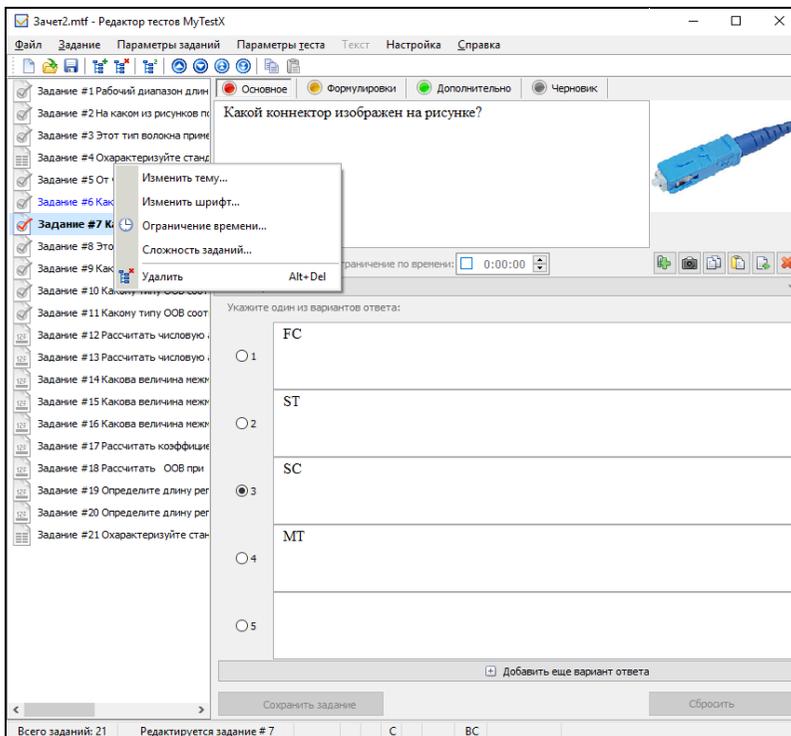


Рис. 1. Интерфейс модуля «Редактор тестов» (MyTestEditor)

Задания разбиты на несколько тем, по каждой из них заготовлено несколько вопросов. Эти вопросы выдаются проверяемому студенту случайным образом во время тестирования. Порядок предлагаемых ответов также меняется при каждом запуске программы для снижения возможности подсказок или списывания, так что набор тестовых заданий уникален для каждого тестируемого.

В программе компьютерного тестирования использованы следующие типы тестовых заданий:

- одиночный выбор;
- установление соответствия;
- ручной ввод числа (чисел).

Результатом прохождения тестирования по указанной дисциплине становится сообщение «зачтено» ил «не зачтено». Разработанный материал может быть использован при сдаче студентами экзамена. Так, в случае положительного исхода тестирования студент получает экзаменационный билет.

Во время апробации комплекса, при получении допуска к экзамену среди студентов-заочников (группа З-12), выявлено слабое их ориентирование в структуре курса, что приводило к большим потерям времени. Выявлено также слабое знание студентами базовых расчетных формул.

Результаты компьютеризированного тестирования продемонстрировали снижение нагрузки на преподавателя, что позволяло увеличить объем времени и повысить объективность оценки им экзаменационных работ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Позднякова О.В.* Внедрение тестирования для контроля успеваемости студентов вузов / Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2014.

2. *Система* программ для создания и проведения компьютерного тестирования, сбора и анализа их результатов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mytest.klyaksa.net/> (дата обращения: 18.06.2016).

### ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ ТИПОВЫХ ВОПРОСОВ СИСТЕМЫ ОБУЧЕНИЯ MOODLE ДЛЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН

*А.С. Репкин, Д.Т. Нугманов, П.В. Перминов, Л.Д. Сеитбекова,  
студенты каф. КИБЭВС*

*Томск, ТУСУР, [lialiseitbekova@gmail.com](mailto:lialiseitbekova@gmail.com)*

*Проект ГПО КИБЭВС-1701 «Автоматизированная обучающая  
система по математическим дисциплинам»*

В современных учебных заведениях все чаще используются автоматизированные системы обучения. И если для гуманитарных дисциплин достаточно функционала большинства существующих систем управления обучением, например таких, как *Stadier* [1], *Eliademy* [2], сверяющего заведомо известный правильный ответ с тем, что вводит студент, то с математическими дисциплинами дело обстоит сложнее. Например, при задании выразить одну функцию через другую при условии, что существуют некоторые промежуточные функции перехода, могут получиться ответы, различающиеся порядком своих элементов, но равнозначные друг другу. И при сравнении как эталонный будет указан только один из них, другие же система посчитает неверными. Возникает необходимость либо ограничивать условия ввода ответа (например, привести значение при конкретном значении функции), либо создавать множество шаблонов на одно задание. Существует потребность в системе, способной на оптимальное оценивание

знаний по математическим дисциплинам, на обучение во время тестирования. Одной из отвечающих данным требованиям систем является система управления обучением Moodle с плагином для формирования вопросов по математическим дисциплинам STACK.

Целью работы является рассмотреть структуру STACK вопроса и основных его особенностей, создать и применить на практике автоматизированный тренажер для обучения математическим дисциплинам.

**Структура STACK вопроса.** Структура STACK вопроса имеет следующие вкладки: «Общее», «Input:», «Potential response tree», «Option», каждая из которых состоит из определенных полей настроек (рис. 1).

В полях вкладки «Общее» прописываются имя вопроса, текст задания, который увидит обучающийся, балл за правильное выполнение задания, штрафной балл за неверную попытку, отзывы к неверным попыткам и итоговый отзыв по завершении выполнения задания.

**Adding a STACK question** ©

▶ Общее

▶ Input: ans1

▶ Potential response tree: prt1

▶ Options

▶ Теги

Сохранить изменения и продолжить редактирование

Fix dollars  Replace \$...\$ with \\$(...)\$ and \$\$...\$\$ with \\$(...)\$ on save.

Сохранить Отмена

Рис. 1. Структура STACK вопроса

Главной особенностью данной вкладки является возможность создавать переменные для вопроса, например, в случае задания на нахождение дискриминанта квадратного уравнения такими переменными будут коэффициенты квадратного уравнения  $a$ ,  $b$  и  $c$ . Тем самым, имея лишь один шаблон квадратного уравнения, система генерирует достаточно большое количество различных вариантов задания, что исключает возможность списывания.

Во вкладке «Input: ans1», в которой можно задать параметры для вводимого ответа, такие как тип входных данных, формат ввода ответа, размер окна ввода, запрет ввода определенных слов в поле ответа

или же наоборот разрешенные слова, запрет или разрешение ввода дробей в десятичном виде.

Вкладка «Potential response tree» является отличительной особенностью STACK-вопросов, так как именно в ней создаются отзывы к ответам, благодаря чему возможно обучение во время проверки знаний. Дерево отзывов состоит из узлов и ветвей true (верно) и false (неверно) (рис. 2). Задачей разработчика является проработка всех возможных вариантов ввода ответа учащимся, возможных типов допущенных ошибок, количество попыток и составление максимально подробного дерева отзыва. Обозначение prt1-T дает информацию, что используется дерево отзыва prt1, первый узел, ветвь true, благодаря чему возможно проследить путь ответа через дерево, например во время тестирования вопросов, и понять, где именно допустил ошибки студент.

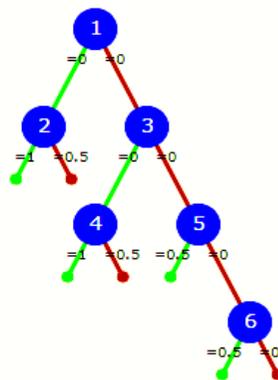


Рис. 2. Дерево отзывов

Каждый узел имеет набор параметров, которые определяют, как именно будут сравниваться значения «Ответ студента» – то, что ввел обучающийся, и «Ответ учителя» – эталонный ответ. Например, тип сравнения ответов алгебраическая эквивалентность, и если значения алгебраически эквивалентны, то будет выбрана ветвь true, в противном случае – ветвь false. То есть плагин сам преобразует введенный ответ к нужной ему форме, благодаря чему не нужно прописывать различные варианты реализации одного правильного ответа.

Данные деревья отзывов являются отличительной особенностью STACK-вопросов в методах оценивания знаний от других ныне существующих систем.

**Заключение.** С помощью плагина для формирования вопросов STACK был создан и протестирован на студентах первого курса тренажер для обучения и проверки знаний по сложным математическим дисциплинам с такими заданиями, как упрощение числовых дробей, деление многочленов, нахождение дискриминанта и корней квадратного уравнения, решение логарифмов, кубических уравнений, неравенств, систем уравнений, задач по геометрии и тригонометрии.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Stadier* – онлайн-система управления обучением [Электронный ресурс]. – URL: <https://stadier.com> (дата обращения: 29.02.2017).

2. *Eliademy* – платформа для обучения и оценки знаний [Электронный ресурс]. – URL: <https://eliademy.com> (дата обращения: 28.02.2017).

3. *Moodle* – система управления обучением [Электронный ресурс]. – URL: <http://do.fb.tusur.ru> (дата обращения: 29.02.2017).

4. *Документация* по Moodle. – Ч. I–IV / пер. с англ. и коммент. В.А. Тунда при ред. участии Т.Д. Тарасенко. – Томск, 2014. – 510 с.

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА РАЗРАБОТКИ  
ИНДИВИДУАЛЬНЫХ И КОНТРОЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМ МАХИМА И LATEX**  
*Ю.В. Шабля, аспирант; В.С. Мельман, студент каф. БИС*  
*Научный руководитель Д.В. Кручинин, м.н.с. каф. КИБЭВС*  
*Томск, ТУСУР, [syv@keva.tusur.ru](mailto:syv@keva.tusur.ru)*

Проверка уровня полученных знаний обучающихся является неотъемлемым этапом образовательного процесса. Для дисциплин, обеспечивающих математическую подготовку, в качестве такого инструмента проверки знаний используется решение типовых задач в рамках индивидуальных и контрольных работ. Особенно это касается технических специальностей, для которых различного рода математические задачи имеют важное прикладное значение.

Современное специализированное программное обеспечение позволяет автоматизировать решение типовых математических задач, а также значительно упростить решение характерных для конкретной технической специальности прикладных задач. Таким образом, изучение и использование систем компьютерной математики становится важным моментом при обучении на технических специальностях. При этом применение таких программных средств должно осуществляться не только со стороны обучающихся, но и со стороны преподавателя.

Одно из возможных направлений активного использования преподавателем современных компьютерных технологий – это реализация подхода к разработке самостоятельных и контрольных работ по дисциплинам математического цикла, предложенного в работе [1]. Для этой цели предлагается использовать связку следующих программ:

– система компьютерной алгебры «Махiма» [2], которая обладает огромными функциональными возможностями для решения и программирования математических задач любой сложности;

– система компьютерной верстки «TeX» с пакетом макросов «LaTeX» [3], которая обладает огромными функциональными возможностями по верстке и печати текстов любой сложности.

Выбор такого набора программного обеспечения заключается в наличии следующих достоинств данной связки программ:

- «Maxima» и «LaTeX» распространяются свободно и не требуют приобретения лицензий на их использование;

- «Maxima» и «LaTeX» являются хорошо проверенным программным обеспечением, так как их разработка ведется не одно десятилетие, при этом они постоянно дополняются и обновляются;

- «LaTeX» является стандартом оформления большинства зарубежных научных журналов по математическим и техническим наукам, так как предоставляет широкие возможности по верстке научных статей, а также с большим успехом справляется с отображением математических формул в печатном виде;

- «Maxima» обладает возможностью реализации функций из большинства разделов математики и программирования, что позволяет решать практически любые математические задачи;

- «Maxima» обладает возможностью перевода итогового результата вычислений в формат «TeX»;

- стилевой файл «maxiplot.sty» [4] позволяет встраивать в документы «LaTeX» код программы «Maxima», благодаря чему появляется возможность совместного использования «Maxima» и «LaTeX» (т.е. с помощью «LaTeX» оформляется решение математической задачи, а в рамках этого решения допустимо использование вставок из «Maxima», которая производит необходимые расчеты для решения задачи).

Таким образом, данные программные обеспечения «Maxima» и «LaTeX» прекрасно взаимодействуют друг с другом, и на их основе можно реализовать автоматизированную разработку индивидуальных и контрольных заданий по дисциплинам математического цикла.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Шабля Ю.В.* Подход к разработке самостоятельных и контрольных работ по дисциплинам математического цикла с использованием современных технологий / Ю.В. Шабля, В.С. Мельман, А.С. Репкин // Современное образование: развитие технологий и содержания высшего профессионального образования как условие повышения качества подготовки выпускников: матер. Междунар. науч.-метод. конф. (26–27 января 2017 г.). – Томск: ТУСУР, 2017. – С. 153–155.

2. *Система* компьютерной алгебры Maxima [Электронный ресурс]. – URL: [maxima.sourceforge.net/ru/index.html](http://maxima.sourceforge.net/ru/index.html) (дата обращения: 28.02.2017).

3. *Львовский С.М.* Набор и вёрстка в системе LATEX. – М., 2003. – 448 с.

4. *Система* компьютерной алгебры Maxima [Электронный ресурс]. – URL: [sourceforge.net/p/maxima/website/ci/master/tree/contrib/maxiplot/maxiplot.sty](http://sourceforge.net/p/maxima/website/ci/master/tree/contrib/maxiplot/maxiplot.sty) (дата обращения: 28.02.2017).

# ПОДХОДЫ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПЛАНИРОВАНИЯ ФИНАНСОВЫХ ЗАТРАТ НА ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ И СООРУЖЕНИЙ СВЯЗИ

*М.В. Шин, магистрант*

*Научный руководитель А.О. Савельев, ассистент каф. ПИ, к.т.н.  
Томск, НИ ТПУ, marishapicke@gmail.com*

На предприятиях, которые относятся к нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей отраслям, существуют установленные научно обоснованные затраты времени на выполнение всех видов технического обслуживания оборудования автоматизированных систем управления технологическими процессами, контрольно-измерительных приборов и автоматики, а также сооружений связи. В соответствии с этим должны быть разработаны нормативы трудозатрат [1] (нормы времени на техобслуживание), на основе которых составляются оптимальные графики (сокращение времени, численности персонала и повышение качества) технического обслуживания всего оборудования предприятия.

**Планирование финансовых затрат** на техническое обслуживание оборудования – это управление расходами на данный вид деятельности и определение ожидаемых экономических результатов [2]. Основной целью планирования таких затрат является минимизация стоимости планово-предупредительных работ (ППР). Соответственно задачи, которые требуется решить [3]:

- нахождение оптимального способа применения ресурсов для проведения ППР;
- анализ графиков ППР;
- анализ трудовых затрат [4].

Жизненный цикл планирования финансовых затрат представлен на рис. 1.



Рис. 1. Жизненный цикл планирования финансовых затрат

Задачами первого этапа «Разработка и ведение технологических карт ремонта по видам оборудования» являются: определение работ, рекомендуемых к выполнению, и последовательность выполнения таких работ. В зависимости от вида оборудования выполнение технического обслуживания возможно параллельно или последовательно.

Этап «Создание планов технического обслуживания оборудования» включает в себя задачи: определение сроков ТО и количества оборудования, требующего ТО. На этапе «Создание графиков ППР по каждому объекту» выполняются задачи: назначение ответственного и исполнительного персонала соответствующей квалификации; определение дат проведения ТО. Задачами четвертого этапа «Определение финансовых планов» являются определение максимально допустимой стоимости ППР и примерное распределение затрат на ТО. Пятый этап «Формирование и анализ годового графика ТО оборудования» включает в себя задачи: составление графиков на текущий (или следующий) год с учетом выполненных на предыдущих этапах жизненного цикла задач; планирование финансовых затрат путем полученных графиков. Шестой этап «Оценка выполнения финансовых планов» включает в себя задачи: сравнение текущих и запланированных финансовых затрат на ТО; проведение анализа потраченной стоимости ППР.

**Обзор существующих решений.** Для управления предприятием существует система планирования затрат на производство, называемая «1С: Управление производственным предприятием». Прикладное решение создает информационное пространство для отображения финансово-хозяйственной деятельности предприятия и охватывает основные бизнес-процессы [5]. Внедрение этой подсистемы позволяет осуществлять планирование движения готовой продукции, комплектующих, материалов, других видов ресурсов и затрат на производство. Также это решение предоставляет широкие возможности планирования, анализа и гибкого управления ресурсами предприятия для повышения его конкурентоспособности. Недостатком такой системы будет невыполнение всех задач, касающихся технического обслуживания и планово-предупредительных работ. Иными словами, решение «1С: Управление производственным предприятием» не ориентировано на рассматриваемую предметную область.

Другое существующее решение в данной предметной области – это типовое решение «Техническое обслуживание и ремонт нефтепромышленного оборудования» на платформе SAP ERP. Его целью является обеспечение надежности работы технологических и технических объектов и оборудования, а также снижение финансовых затрат на проведение ТО и ремонта [6]. Решение предусматривает обеспечение взаимодействия с бизнес-процессами: экономическое планирова-

ние и бюджетирование затрат, бухгалтерский учет затрат и т.п. Недостатком данного решения будет являться ряд условий, при котором система будет функционировать. Среди таких: отказ от хранения данных об оборудовании вне системы, т.е. в таблицах Excel, локальных базах данных. Так как данное решение – это единое информационное пространство для достаточно обширной области, то помимо планирования финансовых затрат система ведет учет всей недвижимости предприятия, и в этом едином пространстве работают не только сотрудники предприятия, но и важнейшие деловые партнеры и поставщики, что усложняет осуществление ППР и выполнение поставленных задач [7].

**Заключение.** В данной статье были рассмотрены этапы жизненного цикла планирования финансовых затрат на техническое обслуживание оборудования и сооружений связи, а также задачи каждого из этапов. Был проведен обзор существующих аналогов проектируемой системы и были объяснены причины отказа от рассмотренных решений, среди которых – невозможность выполнения поставленных задач. Поэтому проектируемая автоматизированная система будет учитывать все задачи каждого этапа жизненного цикла планирования финансовых затрат.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Холманский М.В.* Система планирования и мониторинга временных и финансовых затрат на техническое обслуживание и ремонт оборудования АСУ ТП, КИПиА и сооружений связи. – Томск: ТПУ, 2016. – 139 с.
2. *Алексеева М.М.* Планирование деятельности фирмы. – М.: Финансы и статистика, 2010. – 248 с.
3. *Амбарцумян А.А., Хадеев А.С.* Анализ функциональности систем управления техническим обслуживанием и ремонтом оборудования // Сборник Control Sciences. – М., 2005. – №6.
4. *Конюх В.* Проектирование автоматизированных систем производства: учеб. пособие. – М.: Курс, 2014. – 312 с.
5. *Гребенюк Е.И.* Технические средства информатизации. – М.: Академия, 2007. – 272 с.
6. *Голицына О.Л., Максимов Н.В.* Информационные системы. – М.: ММИЭИФП, 2004. – 329 с.
7. *Рудаков А.В., Федорова Г.Н.* Технология разработки программных продуктов: учеб. пособие. – 4-е изд., стер. – М.: Академия, 2014. – 192 с.

## **ПОДСЕКЦИЯ 3.4**

### **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 «СибирьСофтПроект»*

#### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СВОЙСТВ ДИЗЕЛЬНЫХ ТОПЛИВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

*И.А. Богданов, А.А. Алтынов, магистранты;  
М.В. Киргина, ассистент каф. ХТТ и ХК, к.т.н.*

*Научный руководитель М.В. Киргина, ассистент каф. ХТТ и ХК, к.т.н.  
Томск, ТПУ, bogdanov\_ilya@mail.ru*

Ежегодное увеличение объемов производства дизельного топлива, ужесточение требований к его качеству, а также вовлечение в производство новых компонентов, получаемых за счет углубления процессов переработки нефти, ставит вопрос о создании новых экспресс-методов определения основных регламентируемых параметров выпускаемого продукта, характеризующихся при этом высокой точностью.

Наиболее значимыми характеристиками дизельных топлив в условиях России являются низкотемпературные свойства (температура помутнения, предельная температура фильтруемости, температура застывания).

Для вовлечения новых компонентов производителям необходимо корректировать рецептуры производства дизельных топлив таким образом, чтобы полученные топлива удовлетворяли всем экологическим и эксплуатационным требованиям.

Создание новых расчетных методов определения низкотемпературных свойств дизельных топлив позволяет решить несколько важных проблем. Во-первых, существующие расчетные методы определения низкотемпературных свойств дизельных топлив, как правило, работают в узких пределах изменения температур, а также используют для расчета низкотемпературных свойств параметры, не опреде-

ляемые в заводских лабораториях. Во-вторых, экспериментальное определение низкотемпературных свойств дизельных топлив в отличие от расчетных методов является длительным и трудоемким процессом. Также стоит отметить, что при прогнозировании и планировании производства образцы нефтепродуктов, необходимые для экспериментального определения низкотемпературных свойств, отсутствуют как таковые.

Используя методы математического моделирования, авторами были созданы формулы для расчета низкотемпературных свойств дизельных топлив. В разработанных формулах для расчета используются свойства, наиболее часто определяемые в заводских лабораториях (плотность, фракционный состав).

$$T_{\Pi} = -1494,88 + 57,6933 \cdot x - 0,55986 \cdot x^2;$$

$$x = 97,833 \cdot \left( \lg \left( \frac{9}{5} \cdot T_{50} + 32 \right) \right)^2 + 2,2088 \cdot API \cdot \lg \left( \frac{9}{5} \cdot T_{50} + 32 \right) +$$

$$+ 0,011247 \cdot API^2 - 423,51 \cdot \lg \left( \frac{9}{5} \cdot T_{50} + 32 \right) - 4,7807 \cdot API + 419,59;$$

$$API = \frac{141,5}{\rho} - 131,5,$$

где  $T_{\Pi}$  – температура помутнения дизельного топлива, °C;  $T_{50}$  – температура выкипания 50% по объему фракции, °C;  $\rho$  – плотность топлива при 15°C, г/см<sup>3</sup>;  $API$  – относительный удельный вес топлива.

$$ПТФ = -161,031 + 0,446278 \cdot T_{90},$$

где ПТФ – предельная температура фильтруемости дизельного топлива °C;  $T_{90}$  – температура выкипания 90% по объему фракции, °C.

$$T_3 = -189,324 + 0,516904 \cdot T_{90} + 49,26529 \cdot D_n;$$

$$D_n = \left( \left( \exp(-0,0035 \cdot (\rho - 850)) \right) - 1 \right),$$

где  $T_3$  – температура застывания дизельного топлива, °C;  $T_{90}$  – температура выкипания 90% по объему фракции, °C;  $\rho$  – плотность топлива при 15°C, кг/м<sup>3</sup>.

#### Расчет низкотемпературных свойств дизельных топлив

Температура помутнения			ПТФ			Температура застывания		
$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	846,4	843,2	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	846,4	828,6	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	846,4	806,5
$T_{50}$	276	276	$T_{90}$	335	280	$T_{90}$	335	236
Эксп. значение	-10	-9	Эксп. значение	-12	-37	Эксп. значение	-16	-60
Расч. значение	-9,59	-8,57	Расч. значение	-11,53	-36,07	Расч. значение	-15,54	-59,23
$\Delta$	0,41	0,43	$\Delta$	0,47	0,93	$\Delta$	0,46	0,77

Разработанные формулы были апробированы на экспериментальных данных (таблица). Средняя погрешность расчета не превышает 1°C, что сопоставимо с погрешностью экспериментального определения низкотемпературных свойств дизельных топлив.

## **КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИЗГОТОВЛЕНИЕ ТОПЛИВНОЙ ФОРСУНКИ МАЛОГАБАРИТНОГО ТРД НА FDM-ПРИНТЕРЕ**

*Э.Р. Ахметшина, Р.М. Хисматуллин,  
В.В. Березин, Р.М. Смолкин, студенты*

*Научный руководитель Ю.Б. Александров, доцент каф. РДиЭУ  
Казань, Казанский национальный исследовательский технический  
университет им. А.Н. Туполева (КАИ), Enje1403@ya.ru*

В последние несколько лет рынок 3D-печати сильно вырос, появились новые типы принтеров, новые технологии, позволяющие печатать быстрее, экономичнее и из более сложных материалов. Одним из преимуществ 3D-печати – это возможность изготовления детали любой сложности без использования большого парка станков, ресурсов и времени. В нашей работе мы остановили свой выбор на технологии моделирования методом послойного наплавления (англ. Fused deposition modeling (FDM)). Это технология аддитивного производства, широко используемая при создании трехмерных моделей, при прототипировании и в промышленном производстве [1].

Объектом исследования служила топливная форсунка малогабаритного турбореактивного двигателя, показанная на рис. 1. Компьютерное моделирование проводилось в среде Siemens NX.

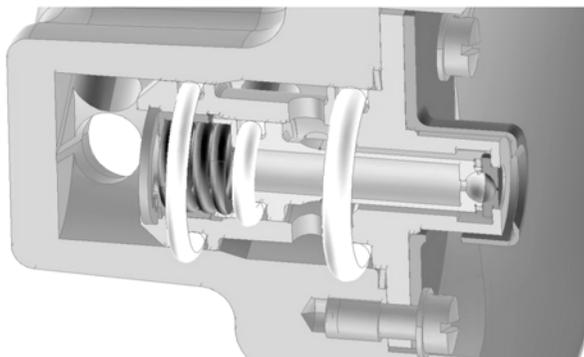


Рис. 1. Продольный разрез по форсунке малогабаритного ТРД

Производственный цикл начинается с обработки трехмерной цифровой модели. Модель делится на части и ориентируется наиболее подходящим образом для печати. После чего экспортируется в формат STL и передается в программу управления принтером, представляющую собой набор команд и координат. В качестве программы управления использовали свободно распространяемую программу Repetier-Host со слайсером CuraEngine.

В нашем случае модель форсунки была поделена на части так, чтобы каждая деталь печаталась с минимумом поддержек и подложек (рис. 2). В случае изготовления цельной форсунки внутри остались бы поддержки, которые было бы невозможно удалить. Эту проблему можно в будущем решить с помощью двухэкструдерного принтера, печатая поддержки из водорастворимого пластика.

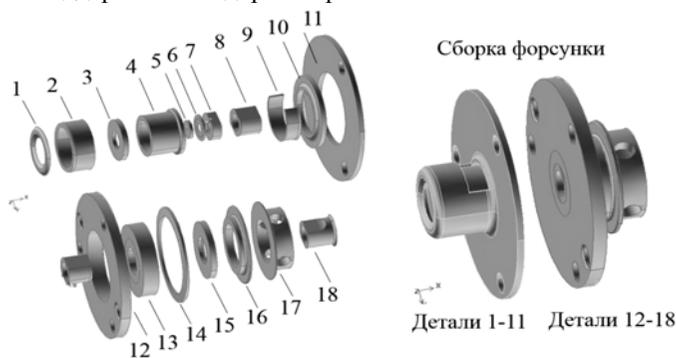


Рис. 2. Пример разделения модели форсунки для адаптации к распечатке

Изделие производится выдавливанием («экструзией»). Пластиковая нить разматывается с катушки и подается в экструдер – устройство, оснащенное механическим приводом для подачи нити, нагревательным элементом для плавки материала и соплом, через которое осуществляется непосредственно экструзия. Нагревательный элемент служит для нагревания сопла, которое в свою очередь плавит пластиковую нить и подает расплавленный материал на строящуюся модель. Сопло перемещается по траектории, заданной системой автоматизированного проектирования («САПР» или «CAD» по англоязычной терминологии).

В нашем случае использовался специально созданный нами малогабаритный переносной 3D-принтер из имеющихся в широком ассортименте деталей. Принтер имеет один экструдер, обеспечивающий точность изготовления детали до 0,1 мм. В качестве материала печати был выбран PLA. Сочетание точной настройки принтера и малой ско-

рости печати (не более 30 мм/с) позволили напечатать мелкие внутренние детали и топливные каналы форсунки. Подбор оптимальной температуры нагрева пластика (начальная 200 °С для первых слоев и для последующих 180 °С) также способствовал точности изготовления деталей и не позволил привести к оплавлению острых граней узких каналов.

Созданная и напечатанная нами топливная форсунка турбореактивного двигателя в настоящее время используется для проведения гидравлических исследований расходных характеристик. Планируется сравнить полученные данные с результатами численного моделирования в программе Fluent, которая ранее хорошо зарекомендовала себя при подобных расчетах в нашей работе [2]. Целью такого сравнения будет выяснение пригодности напечатанной модели для проведения испытаний и получаемой точности данных по рабочим характеристикам форсунки. В случае получения малых погрешностей можно будет порекомендовать данный метод для проведения исследовательских и оптимизационных работ с топливными форсунками.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Моделирование* методом послойного наплавления (FDM) [Электронный ресурс]. – Электрон. журн., 2016. – Режим доступа к журн.: [http://3dtoday.ru/wiki/FDM\\_print/](http://3dtoday.ru/wiki/FDM_print/)
2. *Мухаметов И.И., Давыдов Н.В., Александров Ю.Б.* Исследование гидравлических характеристик топливной форсунки противоточной камеры сгорания ГТД // Новые технологии, материалы и оборудование российской авиакосмической отрасли: Всерос. науч.-практ. конф. с международным участием, 10–12 августа 2016 г.: сб. докл. – Т. 1. – Казань: Изд-во Академии наук РТ, 2016. – С. 396–399.

### **МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВЫПАРНОГО АППАРАТА В ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ОТРАБОТАННОГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА**

*Д.Е. Барков, студент каф. ЭАФУ*

*Научный руководитель Е.В. Ефремов, ассистент каф. ЭАФУ  
Томск, ТПУ, rokorsin@gmail.com*

Реализация замкнутого ядерного топливного цикла приводит среди прочего к необходимости обоснования технологии отработанного ядерного топлива (ОЯТ) путем проведения исследований на экспериментальном и опытно-промышленном оборудовании. При этом создание эффективного радиохимического производства с учетом его высокой радиационной, ядерной и экологической опасности невозможно без использования систем автоматического управления (САУ) [1].

В технологиях переработки ОЯТ для кондиционирования растворов зачастую применяют метод непрерывного упаривания. Поэтому обеспечение эффективного непрерывного режима цепи технологических переделов будет зависеть от работы выпарных аппаратов. Существенным их отличием от аналогичных аппаратов является малый объем вследствие относительно небольшого масштаба производства в защитном исполнении и обеспечения ядерной безопасности [1].

Сложность разработки САУ подобными аппаратами определяет среди прочего многосвязность, существенной нелинейностью по отдельным каналам управления, а также отсутствием самовыравнивания. Поэтому для проведения вычислительных исследований возможных вариантов САУ необходимо создать математическую модель аппарата, описывающую динамические связи между основными технологическими переменными.

Рассмотрим технологический процесс упаривания реэктракта урана. Так как априорная информация о термодинамических свойствах упариваемого продукта, физических и термодинамических параметрах греющего и сокового пара, а также необходимых данных для описания тепловых потерь в окружающую среду и т.д. отсутствует, то необходимо существенно упростить математическое описание.

Поэтому динамика материальных, элементных и тепловых потоков в аппарате описывается следующей системой уравнений, базирующейся на законах сохранения массы и энергии:

$$\begin{cases} \frac{dh}{dt} = \frac{1}{A} \cdot \left( Q_f + Q_r - Q_p - \frac{W_v}{\rho_w} \right); \\ \frac{d\rho}{dt} = \frac{1}{Ah} \left( W_v \left( \frac{\rho}{\rho_w} - 1 \right) - Q_f \rho_f \left( \frac{\rho}{\rho_f} - 1 \right) \right); \\ \frac{dT}{dt} = \frac{\left[ W_s (i_s - i_c) + Q_f \rho_f (i_f - i) + Q_r \rho_r (i_r - i) + W_v (i_v - i) - L(T - T_{ar}) \right]}{\rho_f c_f Ah}, \end{cases}$$

где  $A$  – площадь поперечного сечения аппарата,  $\text{м}^2$ ;  $\rho$ ,  $\rho_v$ ,  $\rho_r$ ,  $\rho_f$  – соответственно плотность раствора в аппарате, вторичного пара, флегмы, исходного раствора реэктракта урана,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $W_k$  – массовый расход конденсата,  $\text{кг}/\text{ч}$ ;  $i$ ,  $i_s$ ,  $i_f$ ,  $i_r$ ,  $i_v$  – соответственно энтальпия раствора в аппарате, греющего пара, входного раствора, флегмы и вторичного пара,  $\text{Дж}/\text{кг}$ ;  $c_f$  – удельная теплоемкость входного раствора,  $\text{кДж}/(\text{°C} \cdot \text{кг})$ ;  $\rho_w$  – плотность воды,  $\text{кг}/\text{м}^3$ , а массовый расход вторичного пара определяется по следующему алгебраическому выражению:

$$W_v = \frac{Q_f \rho_f c_f T_f - Q_p \rho_p c T + Q_r \rho_r i_r + W_s i_s}{i_v}$$

Энтальпии греющего, вторичного пара и конденсата определяются по выражению, полученному путем аппроксимации табличных данных:

$$i_{s,v} = 2,5 \cdot 10^6 + 1813 \cdot T_{sat} + 0,417 \cdot T_{sat}^2 - 0,11 \cdot T_{sat}^3 + 2090 \cdot (T_{s,v} - T_{sat});$$

$$T_{sat} = \frac{2147}{(10,76 - \lg(P_s))} - 273,2;$$

$$i_c = (-0,0051 \cdot T_s^2 - 1,5595 \cdot T_s + 2467,1) \cdot 10^3.$$

Разработанный подход и математическое описание выпарного аппарата как объекта управления были реализованы в виде компьютерной модели в пакете MATLAB/Simulink. Для проверки качественной адекватности модели использовались результаты исследований аналогичных выпарных аппаратов.

Анализ переходных процессов по уровню, концентрации и температуре показал, что выпарной аппарат как объект управления может быть описан по каналу управления уровнем астатическим звеном, по каналам управления концентрацией и температурой – аperiodическими звеньями первого порядка.

Постоянная времени выпарного аппарата по концентрации / плотности, существенно выше постоянных времени по уровню и температуре. Данное обстоятельство необходимо учитывать при разработке САУ выпарным аппаратом.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Шевяков И.Ю.* Автоматическое управление выпарным оборудованием в технологиях переработки отработанного ядерного топлива / И.Ю. Шевяков, К.А. Козин, А.Г. Горюнов и др. // VI Междунар. науч.-практ. конф. «Физико-технические проблемы атомной науки, энергетики и промышленности»: сб. тез. докл.: Том. политехн. ун-т. – Томск, 2014. – С. 52.

#### МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУР ГЦК РЕШЕТОК ДЛЯ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ БЛИЖНЕГО ПОРЯДКА

*А.А. Белослудцева, Л.Д. Баркалов, студенты*

*Научные руководители: Н.Г. Бобенко, к.ф.-м.н., А.Н. Пономарев, к.ф.-м.н.  
Томск, ТУСУР, ann.bell0301@gmail.com*

Параметр ближнего порядка определяется взаимным упорядочением в расположении атомов разного сорта на малых расстояниях. В

настоящее время для расчета параметра ближнего порядка существует ряд методик с автоматизированным и экспериментальным получением значений параметров ближнего порядка для двух- и трехмерных структур [1, 2]. Однако для метода, описанного в [3], который применяется в ряде практических работ [4, 5], автоматизации расчетов до настоящего момента предложено не было. В настоящей работе была разработана программа, позволяющая рассчитать значения параметров ближнего порядка для различных ГЦК-структур согласно методу [3].

Основой логики программы являлось моделирование трехмерной кристаллической решетки с возможностью задания взаимного расположения атомов и их типа в ГЦК-структуре. Моделировалась замкнутая кристаллическая система, в которой путем обхода всех атомов велся поиск и расчет необходимых величин для получения значения параметров ближнего порядка. На первом этапе производился последовательный поиск наименьших следующих расстояний, определяемых заранее заданными структурированными векторами для всех типов решеток. Алгоритм поиска составлен с учетом первых 4 размеров радиус-векторов ОЦК, ГЦК и простых кубических решеток. Далее, с учетом выбранного расстояния осуществлялся поиск пар атомов АА, АВ и ВВ, для получения значения вероятности нахождения атома В на определенной сфере относительно атома А во всем моделируемом кристалле. Атомы, составляющие наибольшую концентрацию, считались атомами типа А, остальные атомы – типом В. На последнем этапе проводился расчет по формуле нахождения параметра ближнего порядка.

Для верификации результата работы программы были выбраны структуры  $TiAl_3$  и  $Cu_3Au$  со сходной концентрацией двух типов атомов (75 и 25%), но различным их расположением в ГЦК-структурах. В первую очередь были проведены расчеты для идеальных сверхструктур  $TiAl_3$  и  $Cu_3Au$ , так как в [3, 6] представлены значения параметров ближнего порядка для случаев полного упорядочения исследуемых материалов. Расчеты проводились для различного количества элементарных ячеек от  $1 \times 1 \times 1$  (4 атома) до  $7 \times 7 \times 7$  (1327 атомов). Оказалось, что число атомов в области при полном упорядочении структуры не изменяет значение параметра ближнего порядка, а полученные расчетные значения для  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  совпадают с данными из [3, 6]. Рассчитанные значения параметров ближнего порядка в этом случае для  $TiAl_3$  равны – 0,33 и 0,64 для первой и второй координационной сферы. Для  $Cu_3Au$  – 0,33 и 1 соответственно. Полученные значения совпали с теоретическими и экспериментальными данными, приведенными в [3, 6].

Изменение параметра ближнего порядка в случае появления в структуре идеального кристалла ближнеупорядоченных областей было проведено на структуре  $\text{Cu}_3\text{Au}$ . Оказалось, что при изменении местоположения двух ближайших и более атомов разного типа (от 0–6 дефектных атомов) модуль параметра ближнего порядка уменьшается, а его знак сохраняется. Результаты этих расчетов представлены в таблице для ячейки  $3 \times 3 \times 3$  (108 атомов).

**Значения параметров ближнего порядка для 1-й и 2-й координационной сферы, для различного количества дефектных атомов для структуры  $\text{Cu}_3\text{Au}$  (ячейка  $3 \times 3 \times 3$ , 108 атомов)**

Количество дефектных атомов	Значение параметра для $i$ -й координационной сферы	
	$\alpha_1$	$\alpha_2$
0	-0,333	1
2	-0,300613	0,924528
4	-0,268293	0,846154
6	-0,236364	0,764706

Таким образом, в настоящей работе представлена программа, позволяющая рассчитывать параметры ближнего порядка ОЦК, ГЦК и простых кубических решеток. Проведена верификация программы для двух структур ( $\text{TiAl}_3$  и  $\text{Cu}_3\text{Au}$ ). Полученные значения параметров ближнего порядка для первых двух координационных сфер совпадают с теоретически ожидаемыми и при этом оказываются различными для двух исследуемых структур. Также проведено исследование влияния на значения параметров ближнего порядка, появление в структуре идеального материала ближнеупорядоченных областей. Показано, что только изменение местоположения от 2 до 6 атомов из 108 приводит к уменьшению модуля значения параметров ближнего порядка для 1-й и 2-й координационных сфер при сохранении знака. Это подтверждает, что значения параметров ближнего порядка определяются взаимным расположением атомов в структуре, а не их концентрацией. В дальнейшем планируется использование функционала созданной программы для расчетов параметров ближнего порядка тонких пленок на подложке (эпитаксиального графена). Также данную программу можно применять в качестве пособия для обучения студентов по дисциплинам «Материаловедение» и «Моделирование технических объектов управления».

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках проекта 17-02-00108 А.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Мирзоев А.А., Смолин Н.А., Гельчинский Б.Р.* Новая методика моделирования структуры ближнего порядка бинарных неупорядоченных систем в рамках метода сильной связи // Известия Челябинского научного центра. – 1998. – Вып. 2(2). – С. 21–26.
2. *Садовников С.И., Ремпель А.А.* Ближний порядок и парные корреляции в бинарном твердом растворе с квадратной решеткой // Физика твердого тела. – 2007. – Т. 49, № 8. – С. 1470–1474.
3. *Иверонова В.И., Кацнельсон А.А.* Ближний порядок в твердых растворах. – М.: Наука, 1977. – 256 с.
4. *Ponomarev A.N., Egorushkin V.E., Melnikova N.V., Bobenko N.G.* On the low-temperature anomalies of specific heat in disordered carbon nanotubes // Physica E. – 2015. – Vol. 66. – PP. 13–17.
5. *Bobenko N.G., Egorushkin V.E., Melnikova N.V. et al.* Short-range order and electronic properties of epitaxial graphene // AIP Conf. Proc. – 2016. – Vol. 1783. – P. 020016.
6. *Cowley J.M.* // Phys. Rev. – 1950. – Vol. 77. – P. 669; 1960. – Vol. 120. – P. 1648.

## АППРОКСИМАЦИЯ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ ПОСРЕДСТВОМ ДИСКРЕТНОГО ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

*И.С. Голубчикова, студентка каф. БИС*

*Научный руководитель Е.С. Катаева, ассистент каф. КИБЭВС  
Томск, ТУСУР, giasona@mail.ru*

Рассмотрено применение дискретного вейвлет-преобразования для аппроксимации дискретных временных рядов.

Под вейвлетами понимаются особые функции, имеющие вид коротких волновых пакетов с нулевым средним значением, которые локализованы по оси независимой переменной времени или пространства и способны к сдвигу по ней и масштабированию [1].

Для аппроксимации используется дискретное вейвлет-преобразование, основанное на применении ортогональных вейвлетов, обеспечивающих не только возможность разложения ряда, но и его восстановления. К ортогональным относятся вейвлеты семейств Добеши, симлетов и койфлетов [2].

Для каждого временного ряда были рассчитаны относительные ошибки аппроксимации (1):

$$O = \frac{100}{f} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_i - a_i)^2}{n}}, \quad (1)$$

где  $f_i$  –  $i$ -е значение исходного временного ряда;  $a_i$  – значение временного ряда, полученное после аппроксимации;  $n$  – длина временного ряда;  $\bar{f}$  – среднее значение исходного временного ряда.

Алгоритм дискретного вейвлет-преобразования состоит из пяти пунктов [2, 3]:

1. Установка первичного приближения. Применительно к дискретным временным рядам обычно в качестве первого приближения используются начальные значения временного ряда.

2. Выбор глубины разложения.

3. Разложение временного ряда. Считается, что полезная информация расположена на уровне низких частот. Ошибки и высокочастотные аномалии располагаются в области высоких частот. При разложении для низкочастотной области определяются аппроксимирующие коэффициенты, а для высокочастотной – детализирующие коэффициенты.

4. Анализ коэффициентов. Для реализации аппроксимации было принято решение о восстановлении только с помощью аппроксимирующих коэффициентов, чтобы отделить низкочастотную компоненту от высокочастотной.

5. Восстановление временного ряда. В результате проведения обратного вейвлет-преобразования из выбранных коэффициентов получается аппроксимация исходного временного ряда.

Для выполнения аппроксимации достаточно проводить разложение только на один уровень. Для обоснования этого с помощью вейвлета Добеши с одним нулевым моментом были рассчитаны аппроксимирующие коэффициенты для разных уровней разложения. При проведении восстановления только с использованием коэффициентов аппроксимации определенного уровня было установлено, что средняя относительная ошибка аппроксимации увеличивается с увеличением глубины разложения (рис. 1).

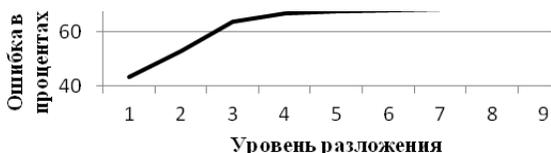


Рис. 1. Средняя относительная ошибка аппроксимации при использовании вейвлета Добеши с одним нулевым моментом

Каждое семейство включает в себя до 10 вейвлетов. Для уменьшения количества рассматриваемых вейвлетов на примере одного

временного ряда были исследованы изменения средних относительных ошибок аппроксимации в зависимости от выбранного вейвлета. В результате было установлено, что наименьшая относительная ошибка аппроксимации была получена в случае применения вейвлетов Добеши с пятью и шестью нулевыми моментами, а также симлетов с четырьмя нулевыми моментами и койфлетов с одним нулевым моментом.

В результате построения аппроксимаций для тридцати пяти временных рядов, отражающих количество среднемесячных осадков, с использованием различных вейвлетов были получены следующие минимальная (далее – мин.) и максимальная (далее – макс.) ошибки:

- а) для вейвлета Добеши с пятью нулевыми моментами:
  - мин. средняя относительная ошибка аппроксимации – 29%;
  - макс. средняя относительная ошибка аппроксимации – 58%;
- б) для вейвлета Добеши с шестью нулевыми моментами:
  - мин. средняя относительная ошибка аппроксимации – 28%;
  - макс. средняя относительная ошибка аппроксимации – 57%;
- в) для вейвлета симлета с четырьмя нулевыми моментами:
  - мин. средняя относительная ошибка аппроксимации – 27%;
  - макс. средняя относительная ошибка аппроксимации – 52%;
- г) для койфлета с одним нулевым моментом:
  - мин. средняя относительная ошибка аппроксимации – 27%;
  - макс. средняя относительная ошибка аппроксимации – 56%.

Для каждого случая в среднем преобладают ошибки порядка 40%.

Помимо этого, было проведено сравнение ошибок вейвлет-аппроксимации с ошибками, полученными при использовании следующих методов:

- а) аппроксимация с помощью полиномов Чебышева:
  - мин. средняя относительная ошибка аппроксимации – 51%;
  - макс. средняя относительная ошибка аппроксимации – 75%;
- б) Фурье-аппроксимация:
  - мин. средняя относительная ошибка аппроксимации – 42%;
  - макс. средняя относительная ошибка аппроксимации – 83%;
- в) аппроксимация с помощью спектрально-сингулярного анализа:
  - мин. средняя относительная ошибка аппроксимации – 41%;
  - макс. средняя относительная ошибка аппроксимации – 82%.

Сравнивая полученные результаты, можно заметить, что аппроксимация с помощью дискретного вейвлет-преобразования позволила получить наиболее точный результат. Помимо этого, было замечено, что для всех рассмотренных временных рядов лучшей оказалась аппроксимация с помощью дискретного вейвлет-преобразования. В связи с этим был сделан вывод о том, что аппроксимация с помощью

вейвлет-преобразования является удачным выбором, предоставляющим самые точные результаты по сравнению с другими популярными методами.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Кричевский М.Л.* Временные ряды в менеджменте. – Ч. 2. – М.: РУСАЙНС, 2016. – 232 с.
2. *Смоленцев Н.К.* Основы теории вейвлетов. Вейвлеты в MATLAB. – М.: ДМК-Пресс, 2005. – 304 с.
3. *Дьяконов В.П.* Вейвлеты: от теории к практике. – М.: СОЛОН-Р, 2002. – 439 с.

### МОДЕЛИРОВАНИЕ ОМИЧЕСКИХ КОНТАКТОВ К СВЧ AlGaN/GaN-HEMT

*Н.Е. Курбанова, О.И. Демченко, аспиранты*

*Научные руководители: С.Н. Гриняев, проф. каф. ЭФ, д.ф.-м.н.;*

*О.В. Стукач, проф. каф. КИСМ, д.т.н.*

*Томск, ТПУ, каф. ЭФ, каф. СУМ, natalya1@tpu.ru, oid2@tpu.ru*

Транзисторы на основе нитрида галлия (GaN) существенно расширяют возможности приборов СВЧ-диапазона. Новые изделия на основе GaN по сравнению с серийно выпускаемыми на основе GaAs имеют больший КПД при одинаковых или меньших размерах кристалла. Это связано с возможностью реализации большой плотности тока в сечении канала транзистора, высокого коэффициента усиления и удельной выходной мощности, превышающей на порядок удельную выходную мощность GaAs-транзисторов [1]. Сопротивление омических контактов (ОК) оказывает сильное влияние на важнейшие параметры СВЧ-транзисторов на основе GaN [2]. Для выпускаемых промышленно нитрид-галлиевых СВЧ-транзисторов оно составляет 0,4–0,6 Ом·мм. Поэтому получение качественных ОК с определенными значениями слоевого и контактных сопротивлений является важной задачей для разработчиков СВЧ GaN МИС.

В рамках данной работы была проведена оптимизация конструкции модели ОК в программном комплексе Silvaco TCAD. Полученные модели и значения слоевого ( $R_{sh}$ ) и контактного ( $R_c$ ) сопротивлений были верифицированы с теоретическими расчетами и экспериментальными измерениями на основе метода длинных линий (TLM).

В Silvaco TCAD была смоделирована гетероструктура AlGaN/GaN с шириной –  $W = 100$  мкм, расстоянием между электродами –  $L_{sd} = 4$  мкм, мольной долей алюминия –  $x = 0,23$ , толщиной барьерного слоя (AlGaIn) – 20 нм (рис. 1, а) с учетом поляризационных эффектов и самосогласованной задачи Шредингера–Пуассона [3].

В расчеты также была включена модель высокополевой подвижности и определено ее численное значение –  $\mu = 1424 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{c}$  (рис. 1, б).

Концентрация двумерного газа (2DEG) на гетерогранице для данной конструкции составила –  $N_{2\text{DEG}} = 8,6 \cdot 10^{12} \text{ cm}^{-2}$  (рис. 2). Следующим шагом была определена конфигурация электродов, которая должна удовлетворять электрическим требованиям ОК реального прибора –  $R_c = (0,4-0,6 \text{ Ом}\cdot\text{мм})$ , и  $R_{sh} = (400-500) \text{ Ом}/\square$ .

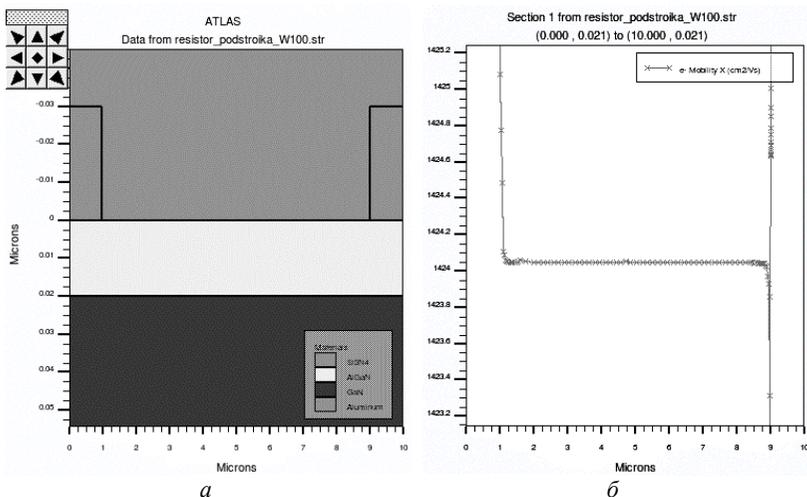


Рис. 1. Гетероструктура AlGaIn/GaN с ОК – а; распределение подвижности электронов в структуре – б

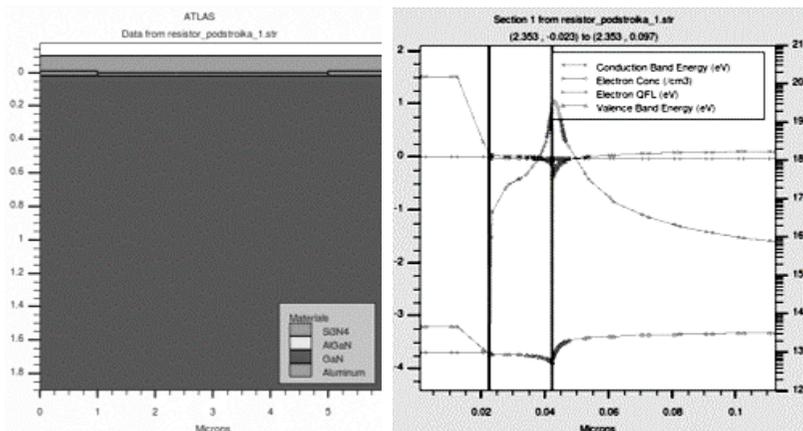


Рис. 2. Распределение концентрации в канале транзистора

Единой модели при симуляции контактов к GaN НЕМТ не существует, в зависимости от преследуемых целей разработчики упрощают [4, 5] либо усложняют конструкцию ОК различными вставками [6, 7].

В данной работе были смоделированы разные варианты конструкции ОК, выявлены основные факторы, влияющие на значения сопротивлений, такие как длина ОК, степень углубления в барьерный слой, наличие легирования под электродами. Полученные результаты систематизированы в виде таблицы, где представлены значения сопротивлений ( $R_{sh}$  и  $R_c$ ), рассчитанные посредством моделирования и вычислений согласно (1), и аналитически полученные величины  $R_{sh}(TLM)$  и  $R_c(TLM)$ , исходя из TLM-метода [8] и соответствующего ему уравнения (2):

$$R_{sh} = 1 / N \cdot \mu \cdot q \cdot t, \quad (1)$$

$$R_T = 2 \cdot R_c + R_{sh} \cdot (d/w). \quad (2)$$

**Результаты расчета сопротивлений контактов на основе моделирования и TLM-метода**

Вариант	$R_{sh}$ , Ом/□	$R_c$ , Ом·мм	$R_{sh}$ , (TLM) Ом/□	$R_c$ , (TLM), Ом·мм	
Легирование (N) Углубления (dH)	510	1,1	425	0,6	
$N = 1e20$ , $dH = 20$ А	491	1,07	425	0,25	
$N = \text{Нет}$	$dH = 20$ А	491	420	0,55	
	$dH = 50$ А		425	0,30	
	$dH = 100$ А		428	0,28	
$dH = 50$ А	$N = 1e18$	491	0,18	370	2,6
	$N = 1e20$		0,87	415	0,65
	$N = 1e21$		1,82	463	1,21
$dH = 100$ А	$N = 1e18$	491	0,18	368	2,63
	$N = 1e20$		0,87	425	0,25
	$N = 1e21$		1,77	471	1,44
$dH = \text{Нет}$	$N = 1e18$	491	0,49	416	1,01
	$N = 1e20$		0,67	420	0,75
	$N = 1e21$		0,77	428	0,45

Таким образом, из проведенных расчетов следует, что необходимо учитывать и корректировать модель ОК для последующей симуляции всего прибора, что многие разработчики не берут во внимание. Данный этап моделирования непосредственно влияет на все последующие расчеты самого прибора в Silvaco TCAD.

Как видно из таблицы, наиболее подходящим вариантом, при котором наблюдается лучшая сходимость рассчитанных значений и измеренных TLM-методом, является последний – отсутствие углубления электродов при сильном ( $1 \cdot 10^{21}$  см<sup>-2</sup>) легировании под ОК.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Тихомиров В.Г., Земляков В.Е., Волков В.В. и др. Оптимизация параметров HEMT-гетероструктур GaN/AlN/AlGaN для СВЧ-транзисторов с помощью численного моделирования // Физика и техника полупроводников. – 2016. – Т. 50, №2. – С. 245–249.
2. Великовский Л.Э., Сим П.Е. Оптимизация омических контактов к AlGaIn/GaN-транзисторам с высокой подвижностью электронов // Доклады ТУСУРа. – 2014. – Т. 33, №3. – С. 66–69.
3. Demchenko O., Zikov D., Kurbanova N. Research possibilities of Silvaco TCAD for physical simulation of gallium nitride power transistor. – 2016. – P. 060007.
4. Vais A. Physical Simulation of GaN based HEMT. – M.Sc., Goteborg, Sweden, 2012. – P. 71.
5. Jogi S. Modelling of GaN Power Switches. – M.Sc., University of Toledo. – 2015. – P. 113.
6. Eldad B-T. GaN-Based HEMTs for High Voltage Operation: Design, Technology and Characterization. – M.Sc., Berlin, 2012. – P. 207.
7. Официальный сайт Silvaco TCAD [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.silvaco.com/examples/tcad/section20/index.html> (дата обращения: 20.02.2017).
8. Contact resistance and TLM measurements [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://tuttle.merc.iastate.edu/ee432/topics/metals/tlm\\_measurements.pdf](http://tuttle.merc.iastate.edu/ee432/topics/metals/tlm_measurements.pdf) (дата обращения: 10.02.2017).

## ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СУШКИ КИРПИЧА

*М.С. Зайцев, студент каф. ЭМИС*

*Научный руководитель Н.В. Замятин, проф. каф. АОИ, д.т.н.  
Томск, ТУСУР, [mx.uroboross@gmail.com](mailto:mx.uroboross@gmail.com)*

Современное строительство не обходится без использования качественных ресурсов. Одним из основных ресурсов в этой области является кирпич.

Во время производства такого ресурса, как кирпич, существует множество проблем, особенно на этапе сушки. Под такими проблемами понимают получение кирпича после сушки с большим количеством трещин, повышенным содержанием влаги, что является непригодным для дальнейшего использования [1].

Для повышения производительности, качества и оптимизации производства требуется применение современных методов моделирования и впоследствии системы управления за процессом производства кирпича.

Одним из наиболее эффективных методов является применение имитационного «мультиагентного» моделирования. Моделированием называется метод решения задач, при использовании которого исследуемую систему заменяют на более простой объект, который описывает поведение реальной системы и называется моделью.

Имитационной моделью называется компьютерная программа, которая описывает структуру и воспроизводит поведение реальной системы во времени. С помощью имитационной модели создается подробная статистика о различных аспектах функционирования системы в зависимости от входных данных.

Целью работы является разработка имитационной модели технологического процесса сушки кирпича, созданной с помощью программы Anylogic, с возможностью дальнейшего использования данной модели на кирпичном заводе компании «Карьероуправление».

Программа Anylogic была выбрана потому, что является простым программным обеспечением, удобным для создания моделей, поддерживает метод агентного моделирования и язык программирования JAVA.

С точки зрения практического применения агентным моделированием называется метод, исследующий поведение децентрализованных агентов и то, как это поведение определяет поведение всей системы в целом. При разработке агентной модели инженер вводит параметры агентов, определяет их поведение, помещает в некую окружающую среду, устанавливает возможные связи, после чего запускает моделирование. Под агентами понимают любые объекты, такие как ресурсы, проекты, транспортные средства, города, активы, компоненты и т.д. В нашем случае в роли агента выступает кирпич. Индивидуальное поведение каждого агента образует глобальное поведение моделируемой системы.

На рис. 1 представлен прототип туннельной сушильной камеры.

На рисунке также имеются поля для ввода информации: температура воздуха из цеха, печи, с улицы, площадь поверхности сырья. Для изменения параметров сушки установлены регуляторы скорости движения воздуха в камере, регуляторы влажности воздуха из цеха, печи, с улицы, регуляторы открытия заслонок. Также имеются поля для вывода информации: температуры и влажности смеси воздуха, скорости внешней и внутренней диффузий.

Для расчетов параметров, представленных на рис. 2, используются следующие объекты: динамическая переменная  $t_{sum}$ , в которой рассчитывается температура смеси воздуха по формуле  $(t_{ul} * zasl_{ul} + t_{ceh} * zasl_{ceh} + t_{pech} * zasl_{pech}) / (zasl_{ul} + zasl_{ceh} + zasl_{pech})$ ,

где параметры  $zasl\_ul$ ,  $zasl\_ceh$ ,  $zasl\_pech$  – уровни раскрытия заслонок, а  $t\_ul$ ,  $t\_ceh$ ,  $t\_pech$  – температуры; динамическая переменная  $vl\_sum$ , в которой рассчитывается влажность смеси воздуха по формуле

$$(vl\_ul * zasl\_ul + vl\_ceh * zasl\_ceh + vl\_pech * zasl\_pech) / (zasl\_ul + zasl\_ceh + zasl\_pech),$$

где параметры  $zasl\_ul$ ,  $zasl\_ceh$ ,  $zasl\_pech$  – уровни раскрытия заслонок, а  $vl\_ul$ ,  $vl\_ceh$ ,  $vl\_pech$  – влажности; параметр  $v\_dvij$ , в котором хранится скорость движения воздуха в сушильной камере; параметр  $s\_rov$ , в котором хранится площадь поверхности материала; параметр  $v\_dvij$ , в котором хранится скорость движения воздуха в сушильной камере; динамические параметры  $diff\_vnesh$  и  $diff\_vnutr$ , в которых рассчитываются скорости внешней и внутренней диффузий соответственно; табличная функция  $davl()$ , в которую передается температура смеси воздуха и возвращается давление насыщенного пара воды в мм рт. ст.; функция  $update()$  для обновления данных.

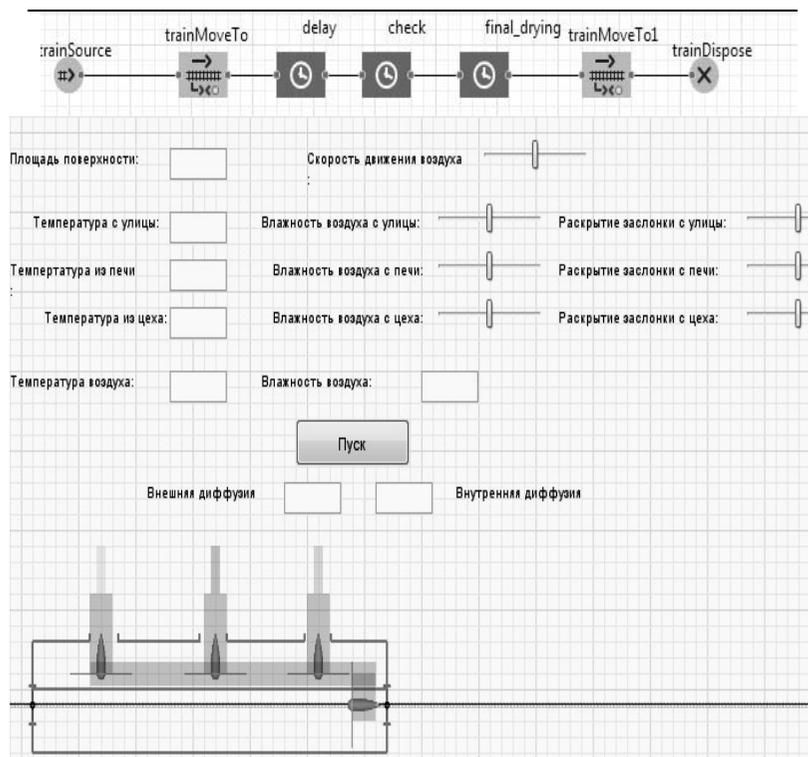


Рис. 1. Схема модели

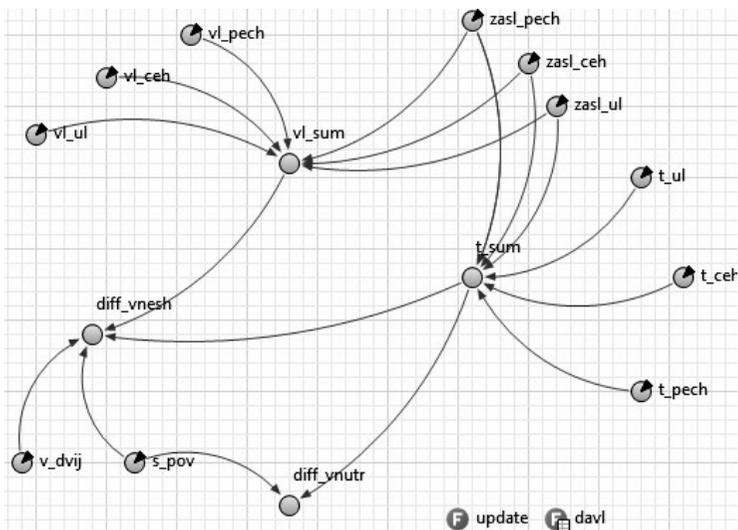


Рис. 2. Функции, параметры и переменные модели

Дальнейшая работа будет направлена на получение готовой имитационной модели с регулируемыми параметрами.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Лыков А.В. Теория сушки. – М.: Энергия, 1968. – С. 3–26.

## ТОПОГРАФИЧЕСКИЙ ПЛАН КАК ОСНОВА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ГИС-МОДЕЛЕЙ МЕСТНОСТИ ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ РЕГИОНАЛЬНОГО И МУНИЦИПАЛЬНОГО УРОВНЕЙ

*М.В. Карманова, магистрант*

*Научный руководитель Е.В. Комиссарова, доцент каф. картографии и геоинформатики ИГиМ, к.т.н.*

*Новосибирск, СГУГиТ, karmmv@yandex.ru*

Моделирование как метод исследования окружающей реальности уже не первый год успешно применяется при прогнозировании возможных возникновений чрезвычайных ситуаций (ЧС) и их последствий.

Существует множество математических и стохастических моделей, описывающих как вероятности возникновения различных видов ЧС, так и динамику их развития. Модели, отображающие оперативное

изменение обстановки при уже возникшей ЧС, не менее сложны, и если стохастические модели базируются на математической статистике и теории вероятности, то модели развития ЧС описывают уже физические процессы, локализованные в трехмерном географическом пространстве и протекающие в характерных для данной местности физических, климатических, а также социально-экономических условиях.

Объектом данного исследования являются оперативные модели, поэтому в дальнейшем речь пойдет именно о них.

Развитие геоинформационных систем в наше время позволяет создавать гибкие геоинформационные модели (ГИС-модели). Согласно определению ГИС-модель – это набор инструментов геообработки для преобразования информации, позволяющий формировать новые географические наборы данных из уже существующих. ГИС сочетают в себе цифровую картографическую основу и атрибутивную базу данных. Логично предположить, что основой такой модели является цифровая карта.

ЧС можно классифицировать не только по природе возникновения, но и по масштабам наносимого ими ущерба и занимаемой территории. И если для уровней, классифицируемых как «федеральный», «межрегиональный» и «региональный», т.е. в границах одного или более субъектов Российской Федерации, существует множество разнообразных методик создания ГИС-моделей, то на «муниципальный» и «локальный» уровни (территория муниципального района, города или объекта) моделей практически нет, хотя именно эти уровни требуют наибольшей степени детализации как картографической основы, так и атрибутивной базы.

Целью данной работы является обоснование использования топографических планов как основы для создания ГИС-моделей при прогнозировании последствий возникновения чрезвычайных ситуаций «регионального» и «муниципального» уровней.

Топографический план (карта) – уменьшенное изображение на плоскости физической поверхности Земли, построенное по определенным математическим законам и наглядно показывающее при помощи системы условных знаков размещение и связи различных предметов, а также их качественные и количественные характеристики [2].

В первую очередь от карты план отличается более крупным масштабом (1:100, 1:500, 1:1000 и 1:2000, 1:5000, реже 1:10 000 м), а значит, и более подробной детализацией. Подобный уровень детализации необходим для создания моделей развития локальных ЧС.

В настоящий момент в руках современного геодезиста есть мощный инструментарий для создания топографических планов. Все из-

мерения производятся при помощи высокоточного оборудования (GPS-станции, электронные тахеометры). Обработка данных автоматизирована, и уже на стадии обработки и уравнивания результатов полевой съемки можно получить все необходимые данные для создания ГИС-модели. Как правило, после уравнивания результаты полевой съемки интерпретируются в системах, подобных системе CREDO ТОПОПЛАН, в которой можно создавать топографические планы в виде цифровой модели местности (ЦММ). Конечной целью таких работ является двумерная карта, но, во-первых, все объекты ЦММ уже представлены в виде графических примитивов (линейных, площадных, точечных), во-вторых, даже в системах, подобных CREDO ТОПОПЛАН, существует возможность заполнения атрибутивной базы данных. Так как ЦММ представляет собой совокупность информации о положении объектов местности (включая координату высоты Z), их характеристик, связей между ними и топографической поверхностью, в форме, доступной для обработки на ЭВМ, то этого достаточно, чтобы перенести эти данные в полноценную ГИС-модель путем конвертации их в универсальные форматы, понятные большинству современных ГИС, такие как \*.shp или \*.mif.

На рис. 1 показано, как в ГИС-модели каждый векторный объект на плане с помощью автоматически присваиваемого ему уникального индекса связан с СУБД. При этом для каждого созданного объекта в ГИС хранится информация о ее свойствах: геометрия, координаты узлов, площадь, периметр.

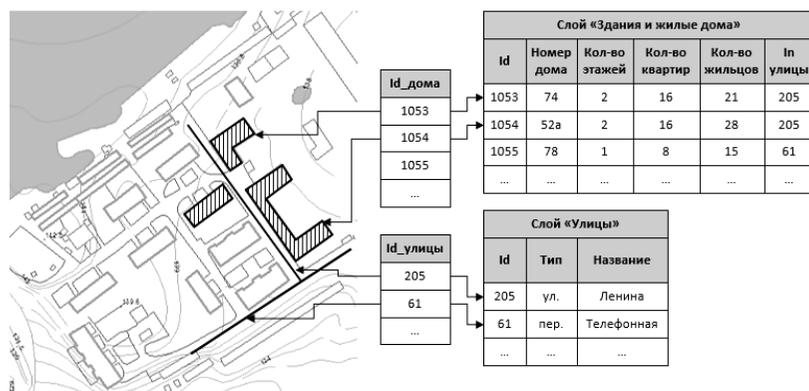


Рис. 1. Связь векторных объектов ЦММ и СУБД через уникальные индексы

Наличие в топографическом плане планово-высотной основы позволяет строить точные 3D-модели местности (рис. 2).



Рис. 2. Построение 3D-модели местности на основе ЦММ

Высокая точность съемки и детализации объектов, цифровой формат выходных данных, возможность подключения к СУБД делают современный топографический план идеальной основой для разработки ГИС-моделей, применяемых для моделирования последствий возникновения ЧС и принятия решений по их ликвидации.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Шантала В.Г.* Основы моделирования чрезвычайных ситуаций: учеб. пособие. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2010. – 166 с.
2. *Поклад Г.Г.* Геодезия: учеб. пособие для вузов. – М.: Академический Проект, 2007. – 592 с.

### ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПЛАТЕЖЕСПОСОБНОСТИ КЛИЕНТОВ БАНКОВСКИХ УЧРЕЖДЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ СКОРИНГОВОГО МЕТОДА

*О.А. Кожуховская<sup>1</sup>, к.т.н., доцент каф. качества, стандартизации и управления проектами; П.И. Бидюк<sup>2</sup>, д.т.н., проф.; А.Д. Кожуховский<sup>1</sup>, д.т.н., проф.; И.Б. Пудло<sup>2</sup>, студент*

<sup>1</sup>*Черкассы, Украина, Черкасский национальный университет им. Б. Хмельницкого, andrejdc@mail.ru*

<sup>2</sup>*Киев, Украина, Институт прикладного системного анализа НТУУ КПИ им. Игоря Сикорского*

Кредитование является наиболее прибыльным и одновременно рискованным видом банковской деятельности. Стратегия развития банка включает в себя управление кредитными рисками. Построение скоринговой модели является одним из основных методов снижения уровня потерь, начиная с возможного невозврата тела кредита (дефол-

та по умолчанию) и перехода к недополучению процентов [1–3]. Карусельные карточки с грейсовым периодом являются самыми популярными благодаря возможности отсрочки платежа по кредиту. Именно поэтому было решено построить аппликационную модель для данного типа продукта.

**Целью** данной работы является построение скоринговой модели для снижения уровня потерь.

Поскольку наиболее «свежие» данные – это не лучшее представление ситуации на ближайшее будущее время (период кризиса, колебаний курсов национальной валюты и т.д.), то целесообразно сделать анализ и построение скоринговой модели, основанной на банковских данных за определенный прошлый период времени, например с 2012 по 2014 г. Основным мотивом в данном случае является максимальное приближение популяции, на которой строится модель, к популяции, на которой она будет применяться.

Построены модели в виде логит-регрессии, классификационного дерева и байесовской сети. Уравнение логит-преобразования имеет вид

$$\ln\left(\frac{p_i}{1-p_i}\right) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_k x_k + \varepsilon,$$

где  $p_i$  – вероятность дефолта  $i$ -го клиента;  $x_j$  – независимые переменные;  $\beta_i, i=1, \dots, k$  – параметры модели;  $\varepsilon$  – случайная ошибка. При этом установлено, что включение в одну модель переменных, существенно (на уровне 0,6 и выше) коррелирующих между собой, не оказывает отрицательного влияния на ее предикативную характеристику. Однако высокая мультиколлинеарность между переменными модели может приводить к нелогичным (с точки зрения бизнес-логики) значениям весовых коэффициентов. Например, скоринговая карта присваивает худшим атрибутам (относительно bad rate) более высокие баллы, чем лучшим атрибутам. При построении модели логит-регрессии рекомендовано исключать худшую из двух переменную по критерию IV (Information Value), если корреляция между ними превосходит 0,7.

Для анализа качества построенных моделей использован индекс GINI. Диапазон значений индекса GINI составляет  $0 \leq G \leq 1$ , а модели с наиболее высоким разрешением, т.е. модели, которые делают высококачественное разделение склонных к дефолту клиентов и клиентов, не склонных к дефолту, получают наивысшие коэффициенты. При применении скоринга на практике (оценки финансового состояния новых клиентов) индекс GINI на уровне 45% считается очень высоким. Однако для скоринга поведения (оценки финансового состояния

существующих клиентов) индекс GINI обычно принимает значение выше 70%. В результате использования одной из имеющихся выборок данных получена модель (дерево решений) с индексом GINI около 25% (рис. 1).

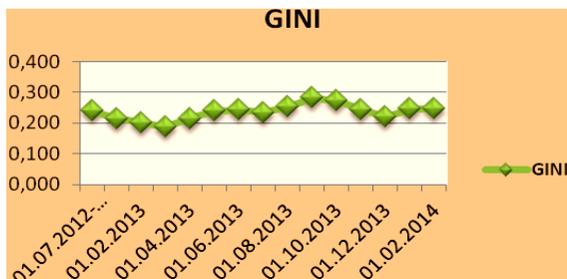


Рис. 1. Динамика индекса GINI

Согласно построенной модели значение скорингового балла может варьироваться от  $-92$  до  $205$ . Концентрация популяции в скоринговых баллах при распределении со значением шага 20 показана на рис. 2. Этот параметр используется при формировании бизнес-стратегии финансового предприятия.

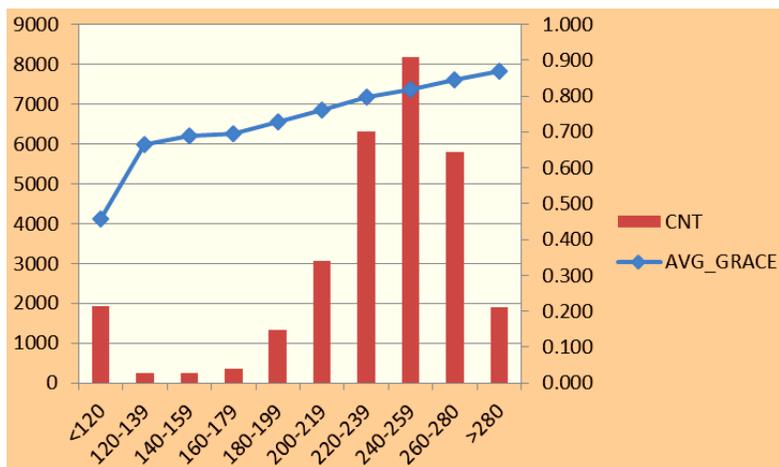


Рис. 2. Концентрация популяции у скоринговых баллах

Сравнительные характеристики для построенных моделей по двум различным выборкам приведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

**Сравнительные характеристики моделей (1-я выборка)**

Тип модели	Индекс GINI	Значения AUC	Качество модели
Дерево решений	0,250	0,675	Среднее
Логит-регрессия	0,455	0,727	Хорошее
Байесовская сеть	0,433	0,716	Хорошее
Скоринговая карта	0,529	0,764	Хорошее

Таблица 2

**Сравнительные характеристики моделей (2-я выборка)**

Тип модели	Индекс GINI	Значения AUC	Качество модели
Дерево решений	0,317	0,658	Среднее
Логит-регрессия	0,632	0,816	Очень хорошее
Байесовская сеть	0,639	0,822	Очень хорошее
Скоринговая карта	0,641	0,764	Хорошее

**Заключение.** Решена задача построения скоринговой модели для оценивания кредитоспособности потенциальных клиентов банков с целью снижения уровня возможных потерь при кредитовании. Используя статистические данные о клиентах банков, построены скоринговые модели в виде деревьев решений, логит-регрессии, байесовской сети и скоринговой карты. В качестве критериев выбора лучшей модели использованы такие: значение площади под ROC-кривой и индекс GINI. В соответствии с результатами моделирования, приведенными в табл. 1 и 2, оказалось, что лучшей для прогнозирования кредитоспособности оказалась скоринговая карта с индексом GINI 0,641. Также установлено, что формат разработки прогнозных моделей в виде скоринговых карт является более простым для интерпретации и приемлемым для аналитиков и риск-менеджеров. Таким образом, поставленная цель исследования достигнута.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. *Kiss F.* Credit scoring processes from a knowledge Management perspective // Periodica Polytechnica Ser. Soc. Man. Sci. – 2003. – Vol. 11, № 1. – PP. 95–110.
2. *Бидюк П.И.* Модели оценки рисков кредитования физических лиц / П.И. Бидюк, Е.О. Матрос // Кибернетика и вычислительная техника. – 2007. – № 153. – С. 87–95.
3. *Терентьев А.Н.* Сравнение методов интеллектуального анализа данных при оценивании кредитоспособности физических лиц / А.Н. Терентьев, П.И. Бидюк, А.В. Миронова, Н.Ю. Медин // Проблемы управления и информатики. – Киев: ИКИ НАНУ-НКАУ, 2009. – № 5. – С. 141–149.

## МОДЕЛЬ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ МАНИПУЛЯТОРА

*А.А. Кондрашов, К.П. Гладкая, А.А. Железнов, студенты  
Научный руководитель Н.Ю. Хабибулина, доцент каф. КСУП, к.т.н.  
Томск, ТУСУР, каф. КСУП, kondrashovsansan@gmail.com*

Процесс имитационного моделирования используется в ситуациях, в которых невозможно математическое моделирование процессов в связи с большим количеством неизвестных переменных, а эксперименты над реальной системой не представляются возможными в связи с чрезмерной дороговизной, длительностью или опасностью проведения экспериментов.

Создание имитационной модели возможно как при помощи универсальных языков программирования, например С++ [1], так и используя специальные пакеты имитационного моделирования. Второй вариант более целесообразен, так как в их базовый функционал уже входят необходимые решения, шаблоны и методы работы с ними. Наиболее известными на сегодняшний день средствами являются Matlab.Simulink, Arena, Extend.

Simulink – интегрированная в Matlab интерактивная среда имитационного моделирования с графическим интерфейсом, позволяющая с помощью готовых библиотек блоков-диаграмм в виде направленных графов имитировать работу различных электросиловых, механических и гидравлических систем [2].

Для демонстрации работы выбранной среды моделирования была выбрана задача разработки алгоритма перемещения объекта манипулятором в декартовой системе координат на  $(x, y)$  плоскости. Траектория движения и совершаемые манипулятором действия схематически изображены на рис. 1.



Рис. 1. Двумерная проекция траектории

Исходными параметрами данной модели являются:

- дискретное время;
- начальное положение рабочего органа;
- время начала движения;
- конечная точка перемещения рабочего органа;
- сигнал управления (включения).

На выходе подсистемы управления имеются три сигнала:

- функциональная зависимость координаты рабочего органа во времени;
- время достижения рабочим органом конечной точки перемещения;
- сигнал управления последующими.

Подаваемые на вход подсистемы (рис. 2) сигналы, после объединения мультимплексором, анализируются на предмет рассогласования текущей и конечной координаты (рис. 3). В зависимости от текущего значения сигнала управления подсистема передает управление данному анализатору или перестает совершать изменения.

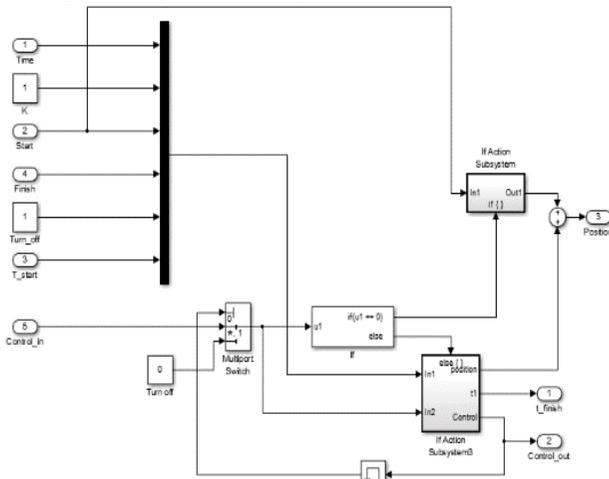


Рис. 2. Подсистема управления

В процессе анализа координат входной сигнал при помощи демультимплексора делится, а значения координат подаются на сумматор, вычисляющий их рассогласование. В случае если результат вычисления не удовлетворяет заданным условиям, действие передается подсистеме уровнем ниже, иначе считается, что конечная точка движения достигнута, после чего сигнал управления обращается с 0 на 1. На нижнем уровне (рис. 4) рассчитывается расстояние единичного

шага рабочего органа, передаваемое в подсистему уровнем выше для прибавления к текущей координате, и записывается текущий такт времени для дальнейшего оповещения о завершении перемещения. Ниже, в виде блочных диаграмм, представлена данная система с последовательной декомпозицией.

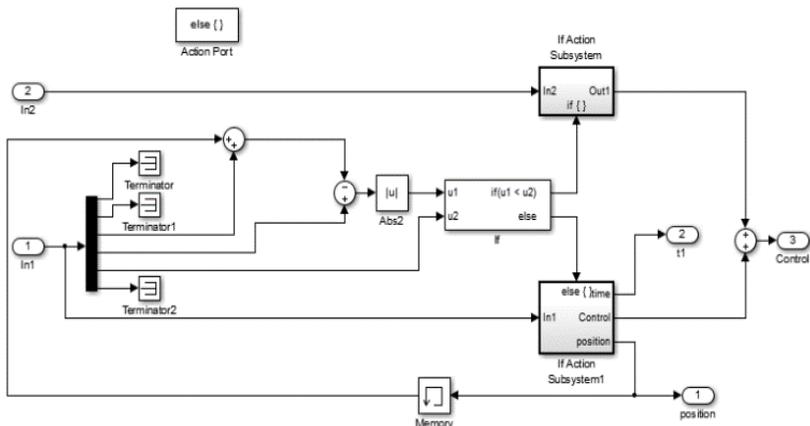


Рис. 3. Анализатор координат перемещения

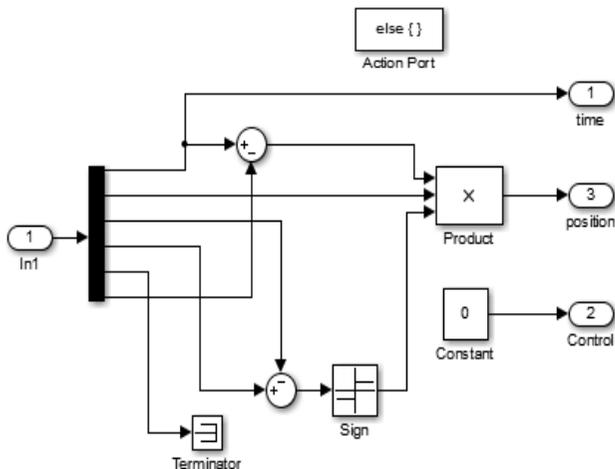


Рис. 4. Нижний уровень подсистемы управления

При объединении подобного рода подсистем в единую систему модель демонстрирует перемещение манипулятора в виде графиков зависимости  $x = f(t)$  и  $y = f(t)$ , приведенных на рис. 5.

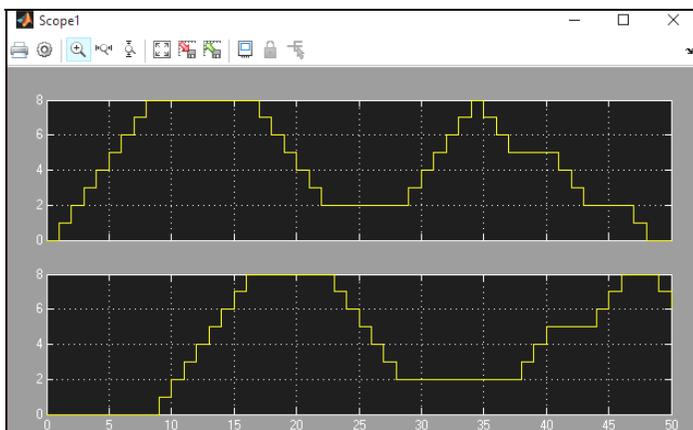


Рис. 5. Графики зависимости  $x = f(t)$  и  $y = f(t)$

В результате нами была получена модель, наглядно демонстрирующая перемещение манипулятора в двумерном пространстве. При помощи Simulink возможно расширить функционал данной имитационной модели, добавив перемещение по  $Z$ -оси, а также визуализировав перемещение органа управления.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Богданов О.А., Смирнов А.А., Ковалев Д.В. Имитационное моделирование противоборства в воздушно-космической сфере // Программные продукты и системы. – 2016. – № 1(113). – С. 160–166.

2. Matlab и Simulink [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://matlab.exponenta.ru/>

#### АЛГОРИТМ РАСПОЗНАВАНИЯ ДИКТОРА ПО ГОЛОСУ

*Н.Я. Корнилов, студент каф. ЭМИС*

*Научный руководитель А.А. Матолыгин, ст. преп. каф. ЭМИС*

*Томск, ТУСУР, centauri368@gmail.com*

*Проект ГПО ЭМИС-1202 «Создание приложений для платформы Android»*

Существует ряд ситуаций, в которых пользователю мобильного устройства необходимо подтвердить свое право на доступ к информации. Подтверждение такого права осуществляется с помощью кодов авторизации: пароля, графического ключа, отпечатка пальца и иных способов. Иногда такие средства верификации личности либо неудобны, либо не обеспечивают необходимой степени защиты. Поэтому в дополнение к таким традиционным средствам целесообразно исполь-

зовать биометрические параметры человека. Преимущество биометрии заключается в том, что эти параметры всегда находятся при человеке, их нельзя забыть, потерять, передать другому человеку, украсть, и задача их воспроизведения является чрезвычайно трудоемкой.

Задача распознавания диктора по голосу сводится к тому, чтобы выделить и классифицировать человеческую речь из входного потока. При этом выделяются две подзадачи: идентификация и верификация [1].

Под идентификацией понимают процесс определения человека по образцу голоса. При этом результатом является идентификатор диктора, зарегистрированного в системе, модель голоса которого наиболее вероятно соответствует входному образцу. Верификация является процессом, при котором с помощью сравнения представленного образца с хранимой в базе моделью проверяется запрошенная идентичность. Результатом является подтверждение человека или отрицательный ответ системы.

В работе [3] по распознаванию диктора доминирует метод кепстрального преобразования спектра речевых сигналов.

Кепстр [4] – энергетический спектр функции  $\ln|S(\omega)|^2$ , определяемый выражением

$$C_s(q) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \ln|S(\omega)|^2 e^{i\omega q} d\omega,$$

где  $|S(\omega)|^2$  – спектральная плотность энергии сигнала.

Другими словами, кепстр определяет последовательность коэффициентов разложения функции  $\lg[\Phi(z)]$  в степенной ряд.

Схема этого метода такова (рис. 1): на интервале времени в 10–20 мс вычисляется текущий спектр мощности, затем применяется обратное преобразование Фурье от логарифма этого спектра (кепстр) и находятся коэффициенты кепстра [3]:

$$c_n = \sum_{m=1}^M [\log S(m)] \cos\left[\frac{\pi n}{M}\left(m - \frac{1}{2}\right)\right],$$

где  $c_n$  – мел-кепстральный коэффициент под номером  $n$ ;  $S_m$  – амплитуда  $m$ -го значения в кадре в мелах;  $M$  – наперед заданное количество мел-кепстральных коэффициентов;  $n \in [1, M]$ .

Свойства слуха учитываются путем нелинейного преобразования шкалы частот, обычно в шкале мел. Мел – психофизическая единица высоты звука, основанная на восприятии звука слуховым аппаратом человека. Шкала мел вычисляется как

$$M(f) = 1125 \cdot \ln\left(1 + \frac{f}{700}\right),$$

где  $f$  – частота в герцах;  $M$  – частота в мелах.

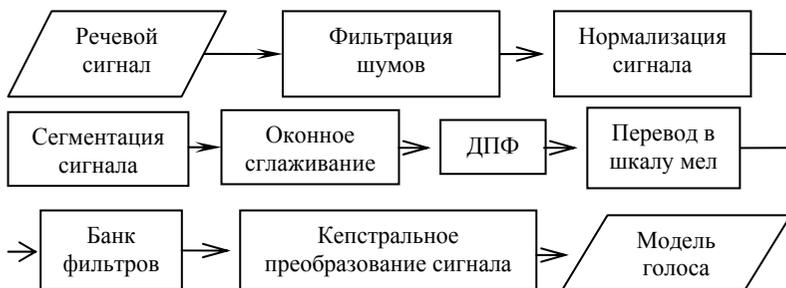


Рис. 1. Алгоритм формирования модели голоса

Коэффициенты кепстрального преобразования формируют пространство, в котором и производится распознавание диктора.

Кепстр описывает форму огибающей спектра сигнала, в которой интегрируются характеристики источников возбуждения и формы речевого тракта. В экспериментах по субъективному распознаванию голоса было установлено, что огибающая спектра сильно влияет на узнаваемость голоса [6]. Поэтому использование того или иного способа анализа огибающей спектра в целях распознавания диктора оправдано.

Хотя распознавание по голосу не может гарантировать стопроцентную правильность результата, оно может довольно эффективно использоваться в таких областях, как криминалистика и судебная экспертиза; разведка; антитеррористический мониторинг; безопасность; банковское дело [3].

В данной работе система распознавания диктора по голосу разрабатывается для мобильных устройств с операционной системой Android. Результаты выполнения работы:

- разработано приложение на платформе Android;
- разработан пользовательский интерфейс Android-приложения;
- реализована запись речевого сигнала с микрофона;
- реализованы сегментация сигнала и ее обработка в окне;
- получена спектрограмма речевого сигнала;
- преобразован спектр в шкалу частот мел.

Задача распознавания человека по голосу была поставлена более 40 лет назад, но все еще остается актуальной для исследований.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Зюко А.Г., Кловский Д.Д., Назаров М.В., Финк Л.М. Теория передачи сигналов: учеб. для вузов. – М.: Связь, 1980. – 288 с.
2. *Strategy Analytics: Android Shipped 1 Billion Smartphones Worldwide in 2014* [Электронный ресурс]: сайт фирмы Strategy Analytics. – Режим доступа:

<http://www.prnewswire.com/news-releases/strategy-analytics-android-shipped1-billion-smartphones-worldwide-in2014-300027707.html> (дата обращения: 13.05.16).

3. *Сорокин В.Н., Вьюгин В.В., Тананькин А.А.* Распознавание личности по голосу: аналитический обзор // Информационные процессы. – 2012. – Т. 12, №1. – С. 1–30.

4. *Кепстр* [Электронный ресурс]: электронная энциклопедия. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Кепстр> (дата обращения: 17.05.16).

5. *Агашин О.С., Корелин О.Н.* Методы цифровой обработки речевого сигнала в задаче распознавания изолированных слов с применением сигнальных процессоров // Тр. НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Н. Новгород, 2012. – № 4 (97).

6. *Itoh K.* (1992). Perceptual analysis of speaker identity. In: Saito, S. (Ed.), *Speech Science and Technology* // IOS Press. – PP. 133–145.

## **НАХОЖДЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОХОДКИ ЧЕЛОВЕКА**

*Н.А. Котельникова, магистрант каф. АСУ*

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

*Томск, ТУСУР, natashaka91@gmail.com*

В настоящее время одной из перспективных областей информатики выступает изучение биометрических данных человека. Эти данные могут использоваться в различных областях, но ведущими из них на сегодняшний момент являются медицина и идентификация личности. Одним из видов биометрических данных человека является его походка [1]. Анализ походки может быть очень полезен в медицине для определения состояния пациента, постановки диагноза, а также сопровождения больного во время реабилитации для оценки его состояния.

Походка уникальна для каждого человека, как отпечатки пальцев, радужная оболочка глаза или ДНК. Следовательно, она может быть использована как идентификатор личности наравне с другими уникальными биометрическими данными [2]. Однако походка человека не настолько статична, как ДНК или отпечатки, и она может меняться в зависимости от изменения физиологии человека. И если с точки зрения идентификации личности это создаёт дополнительные сложности, то с точки зрения медицины – это то, что позволяет использовать походку человека в диагностике.

Целью исследовательской работы является изучение оцифрованных видеоданных походки различных людей, записанных с помощью видеокамеры без специальных датчиков или маркеров, и разработка системы, которая сможет различать походку разных людей либо замечать изменения походки одного и того же человека [3].

Необходимым для изучения походки человека является центр тяжести человека [4]. Для его нахождения необходимо найти угол диагонали прямоугольника (рис. 1), в который вписана фигура человека, на каждом изображении, полученном на этапе обработки видео движущегося человека. Так как мы знаем координаты прямоугольника, в который вписана фигура человека, тогда для нахождения угла необходимо применить формулу

$$\alpha = \arctan(w/h), \quad (1)$$

где  $w$  – это ширина прямоугольника, в который вписана фигура человека,  $h$  – это высота прямоугольника, в который вписана фигура человека.

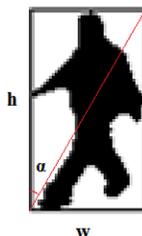


Рис. 1. Нахождение угла наклона человека к горизонту

При исследовании динамики движения человека необходимо вычислить длину шага человека на каждом изображении, полученном на предыдущем этапе обработки. Длина шага будет равна ширине прямоугольника  $w$ , что хорошо совпадает с колебанием центра тяжести фигуры человека.

Функция движения достигает максимальных и минимальных значения при максимально разведенных и сведенных ногах.



Рис. 2. Колебание центра тяжести (параметра  $w$ )

По полученным данным можно определить, насколько симметрично работают ноги у исследуемого человека. Для этого необходимо знать длину шага левой ногой  $S_l$  и длину шага правой ногой  $S_p$ . Далее по формулам (2) и (3) найти среднюю длину каждого шага:

$$\bar{S}_l = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N S_{li}, \quad (2)$$

$$\bar{S}_p = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M S_{pi}, \quad (3)$$

где  $N$  и  $M$  – количество исследуемых шагов.

Используя результаты средних значений можно найти симметрию шагов (таблица):

$$\overline{\text{Sim}} = \frac{\bar{S}_l}{\bar{S}_p}.$$

Каждый из найденных показателей имеет значение при нахождении сходства и различия походок разных людей.

**Симметрия шагов человека**

№	Правая нога	Левая нога	Двойной шаг
1	0,9792	1,1475	1,09448
2	0,9861	1,0447	1,01438
3	1,0151	1,0004	1,01526
4	0,9501	1,0294	1,00719
5	1,0623	1,0157	1,07692
6	1,0405	0,9605	1,0
7	1,0133	1,0555	1,02721

Таким образом, изучив разные показатели походки, можно увидеть индивидуальные особенности конкретного человека. Следовательно можно сказать, что все люди ходят совершенно по-разному. Некоторые черты походки могут говорить не только о характере человека и строении его тела, но и о возможных болезнях. Дальнейшее изучение данной темы позволит, во-первых, отличать по походке одного человека от другого, а во-вторых, диагностировать всевозможные заболевания, изучив только динамику походки человека.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Дубровский В.И., Федорова В.Н. Биомеханика: учеб. для высших и средних заведений. – М.: ВЛАДОС\_ПРЕСС, 2003. – 672 с.
2. Казанцев А.Г. Идентификация человека по походке с использованием носимых сенсоров. Обзор исследований // Математические структуры и моделирование. – 2013. – №2. – С. 103–111.
3. Сазонов В.А., Садов В.С., Тихоненко С.Г. Идентификация личности по походке на основе скрытых марковских моделей // Электроника инфо. – 2012. – №4. – С. 105–118
4. Скворцов Д.В. Клинический анализ движений. Анализ походки. – Иваново: ИПЦ «Стимул», 1996. – 344 с.
5. Катаев М.Ю. Численный метод и алгоритм определения центра тяжести движущегося человека из анализа потока изображений / М.Ю. Катаев, С.Г. Катаев // Доклады ТУСУРА. – 2011. – № 2(24), ч. 3. – С. 201–205.

## **ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫЯВЛЕНИЯ ИСКАЖЕНИЯ ФОРМЫ СВЧ-ИМПУЛЬСОВ ПРИ ИХ ПРОХОЖДЕНИИ И ОТРАЖЕНИИ ОТ ПЛАЗМЫ НА УСТАНОВКАХ ТИПА ТОКАМАК**

*А.С. Кравец, студент*

*Научный руководитель А.В. Шарнин*

*Томск, НИ ТПУ, ask68@tpu.ru*

Микроволновые методы диагностики плазмы широко применяются при исследовании свойств плазмы, создаваемой на установках управляемого термоядерного синтеза типа ТОКАМАК [1, 2]. Методы рефлектометрических измерений плотности плазмы основаны на зависимости времени распространения зондирующего СВЧ-излучения от распределения плотности в плазме и частоты зондирующего излучения, а также эффекте полного внутреннего отражения волны от слоя плазмы с критической для данной длины волны плотностью. Зондируя плазму на нескольких частотах и измеряя время пролета каждой волны, можно восстановить распределение плотности вдоль выбранного направления зондирования, решив некорректную обратную задачу.

При использовании улучшенных режимов удержания плазмы на установках типа ТОКАМАК результаты прямых времяпролетных измерений импульсного радара могут быть сильно зашумлены. Основная сложность заключается в том, что традиционные алгоритмы предварительной обработки не позволяют выделить полезный сигнал на фоне шумов. Кроме того, во многих представляющих практический интерес случаях неизвестно, являются ли наблюдаемые артефакты в результатах прямых измерений полезным сигналом или шумом. Это затрудняет или делает невозможным решение обратной задачи.

Одной из предполагаемых причин появления недостоверных результатов прямых измерений являются значительные искажения формы регистрируемых СВЧ-импульсов, отраженных от плазмы. В качестве основной причины искажений формы регистрируемых импульсов в данной работе рассматриваются процессы распространения зондирующего микроволнового излучения в вакуумной камере и плазме на пути от раскрыва передающей до раскрыва приемной антенн.

Количественное исследование процессов распространения волн в плазме на установке типа ТОКАМАК возможно только при использовании достаточно точной модели. В качестве модели распространения волн в плазме и вакуумной камере, включая моделирование процесса приема и детектирования СВЧ-излучения, использовалась собственная модель, реализованная с использованием FDTD-метода [3].

Для понимания и корректного использования результатов прямых измерений (времени пролета, формы и амплитуды детектируемого отраженного импульса) моделировались различные ситуации размещения приемной антенны, варьировались параметры антенн и свойства распределений плотности электронов в плазме. Это позволило выявить ряд интересных особенностей, позволяющих воспроизвести некоторые характерные сигналы, регистрируемые при проведении натуральных экспериментов, а также объяснить возможные причины появления ряда артефактов в результатах натуральных экспериментов. Последнее позволяет наметить ряд способов распознавания и устранения искажений.

В качестве одного из направлений поиска было выбрано исследование принципиальной возможности нахождения субоптимального, с точки зрения применения классических методов привязки, положения детектора [4]. Под субоптимальным положением в данном случае понимается такое положение детектора, которое обеспечит такую схожесть формы огибающих детектируемого и излучаемого сигнала, которая позволит приемной системе детектировать сигнал, а также привязываться к фронту импульса и измерять время пролета с допустимой погрешностью.

Для этого путем проведения серии вычислительных экспериментов с FDTD-моделью были найдены времена пролета для различных пространственных положений детектора. Работа по данному направлению позволила выявить некоторые предварительные возможности повышения достоверности результатов измерения путем изменения положения и количества детекторов.

На основе полученных результатов намечен подход к распознаванию недостоверных результатов измерения в результатах прямых времяпролетных измерений импульсного радара.

В работе представлены результаты моделирования, проведен их анализ, выявлен ряд причин, приводящих к искажению формы отраженных от плазмы СВЧ-импульсов и связанных с ними искажений результатов времяпролетных измерений.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Shevchenko V.F., Petrov A.A., Petrov V.G.* Pulse radar reflectometry for fusion plasma diagnostics // International journal of infrared and millimeter waves. – 1993. – Vol. 14. – № 9. – PP. 1755–1768.

2. *Hughenoltz C.A.J., Heijnen S.H.* Pulse radar technique for reflectometry on thermonuclear plasmas. – EOM-Instituut voor Plasmafysica Rijnhuizen, 1990.

3. *Taflove A., Hagness S.* Computational electrodynamics: the finite-difference time-domain method, 3rd ed. / Artech House, Inc., 2005. – 1037 p.

4. *Мелешко Е.А.* Наносекундная электроника в экспериментальной физике. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 216 с.

## ТЕКСТУРА ИЗОБРАЖЕНИЙ ЛОКАЛИЗОВАННЫХ ПОЛЕЙ ОБЛАЧНОСТИ НА ФОНЕ ЛЕДОВОГО И СНЕЖНОГО ПОКРОВОВ ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ MODIS

*О.П. Мусиенко, магистрант;*

*К.В. Курьянович, ассистент каф. АСУ, аспирант ИОА СО РАН  
Научный руководитель В.Г. Астафуров, проф. каф. АСУ, д.ф.-м.н.  
Томск, ТУСУР, каф. АСУ, musienkoop@gmail.com*

Исследование облачности – одно из актуальных направлений деятельности современной науки, так как именно с облачностью связаны выпадение осадков и некоторые опасные гидрометеорологические явления. Результаты исследований применяются во многих отраслях: метеорологии, климатологии, экологии, лесном и сельском хозяйствах. Кроме того, информация об облачности используется для прогнозирования погоды, моделирования климата и обеспечения безопасности полетов воздушных судов.

Основным источником информации об облачном покрове в глобальном масштабе являются спутниковые данные, представленные в данной работе снимками MODIS с пространственным разрешением 250 м для 25 разновидностей облачности согласно метеорологическому стандарту. Но не все 25 существующих типов встречаются в зимнее время. В холодные и переходные сезоны года наиболее часто встречаются низкая облачность слоистых форм и волнистообразные облака, т.е. перисто-кучевые, высококучевые, слоисто-кучевые, слоисто-дождевые и слоистые облака. Также встречаются в зимний период, но не так часто перистые, перисто-слоистые и высокослоистые облака. Не бывает кучевых и грозовых облаков. Таким образом, зимой можно наблюдать только 22 из 25 разновидностей облачности.

При работе с изображениями используются их характерные признаки, одним из которых является текстура. Текстура в широком смысле – это некоторый участок изображения, имеющий однородные статистические характеристики [1]. Текстура снега в привычном понимании имеет слишком маленькие размеры, порядка 1 см. Очевидно, что она не будет различима на спутниковых снимках с пространственным расширением 250 м. Текстура снега, проявляющаяся на снимке, зачастую зависит от типа подстилающей поверхности, т.е. от ландшафта местности, характера растительности и других особенностей. Перечисленные факторы характеризуют природную зону рассматриваемой территории. В связи с этим было решено анализировать облачность над различными природными зонами России, среди которых следующие: арктические пустыни, тундра, тайга, степь, горы.

Кроме того, из-за особенностей ландшафта в отдельную группу была выделена болотистая местность. Таким образом, для анализа облачности необходимо сформировать наборы изображений различных типов облачности над различными природными зонами.

Поиск характерных изображений типов облачности осуществлялся методикой сопоставления архивных данных метеостанций со спутниковой съемкой [2]. По расчетным схемам пролета спутника для каждой природной зоны были выявлены метеостанции, время фиксации данных на которых совпадает (с погрешностью 30 мин) со временем пролета спутника над этой же территорией. Затем для этих метеостанций составлен список дат, когда над рассматриваемой местностью наблюдалась однослойная облачность.

Для формирования наборов характерных снимков облачности на фоне снежного и ледового покровов используются тематические продукты многоспектральной системы MODIS, такие как MOD 35 [3] (распределение облачного покрова), MOD 10 и MOD 29 [4] (мониторинг снежного и ледового покровов соответственно).

В статье обсуждается анализ типов текстуры снега, в результате которого выявлена зависимость различимой на спутниковом снимке текстуры от типа подстилающей поверхности и как следствие от природной зоны рассматриваемой местности. Представлена методика формирования наборов изображений облачности сопоставлением архивных данных метеостанций со спутниковой съемкой, с помощью которой был составлен список метеостанций и дат, необходимых для последующего извлечения информации о типах фиксируемой облачности. Конечным результатом применения данной методики являются сформированные наборы характерных изображений для 22 типов облачности на фоне снежного и ледового покровов для 6 природных зон.

В дальнейшем планируется провести анализ текстуры изображений различных типов облачности над различными природными зонами. Для описания свойств изображений, относящихся к одному типу облачности, предполагается применять статистический подход анализа текстуры, который включает в себя три метода расчета текстурных признаков: метод вектора разностей уровней яркости (GLDV), метод матриц смежности уровней яркости (GLCM), метод гистограмм суммы и разности уровней яркости (SADH) [5]. Информативность текстурных признаков планируется определять по корреляционной методике [2], флуктуации сформированных наборов информативных текстурных признаков – анализировать на основе критерия согласия Колмогорова–Смирнова.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Харалик Р.М. Статистический и структурный подходы к описанию текстур // ТИИЭР. – 1979. – Т. 67, № 5. – С. 98–120.
2. Астафуров В.Г., Евсюткин Т.В., Курьянович К.В., Скороходов А.В. Статистическая модель текстуры изображений различных типов облачности по данным MODIS // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2013. – Т. 10, № 4. – С. 188–197.
3. *Discriminating clear-sky from cloud with modis algorithm theoretical basis document (MOD35)* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://eosps.nasa.gov/sites/default/files/atbd/atbd\\_mod06.pdf](http://eosps.nasa.gov/sites/default/files/atbd/atbd_mod06.pdf)
4. *Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD) for the MODIS Snow and Sea Ice-Mapping Algorithms* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://eosps.nasa.gov/sites/default/files/atbd/atbd\\_mod10.pdf](http://eosps.nasa.gov/sites/default/files/atbd/atbd_mod10.pdf)
5. Евсюткин Т.В. Тектурные признаки. Обзор методов текстурного анализа, подходов формирования признакового пространства и критерии информативности. – IAO SB RAS, 2012. – 60 с.

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОГО ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ ВОДЫ

*И.С. Надеждин, аспирант каф. ЭАФУ*

*Научный руководитель А.Г. Горюнов, зав. каф. ЭАФУ, д.т.н.  
Томск, Томский политехнический университет (НИ ТПУ), kun9@list.ru*

Задача очистки водных источников от вредных примесей с каждым годом становится все более актуальной. В настоящее время применение электрической энергии в физико-химических методах очистки воды составляет основную концепцию новых методов. Одним из таких методов является электроэрозионный метод очистки воды. В состав электроэрозионной водоочистной установки входят генератор электрических импульсов (ГЭИ) и бак-реактор. В баке-реакторе имеются два электрода, подключенных к ГЭИ. Межэлектродное пространство в баке-реакторе заполняется металлическими шариками. Затем через слой металлических шариков от генератора пропускают электрические импульсы короткой длительности. При пропускании электрических импульсов в зазорах между шариками возникают электрические разряды, которые характеризуются большой энергией. В результате этих разрядов на поверхности металлических шариков происходит процесс электрической эрозии, т.е. происходит сверхбыстрое изменение агрегатного состояния поверхности металлических шариков (плавление) и выброс продуктов эрозии в межгранульные промежутки, заполненные обрабатываемой водой. Продукты эрозии металлических шариков в результате разряда переходят через жидкую

фазу с окислением водой и растворенным в ней кислородом. В результате окисления образуются активные гидроксиды и оксиды металла, которые являются активными коагулянтами. Образовавшиеся гидроксиды и оксиды эффективно сорбируют примеси, содержащиеся в воде, и образуют нерастворимые соли, которые выпадают в осадок. Для оптимизации энергозатрат на очистку воды необходимо разработать математическую модель процесса. Целью данной работы является разработка математической модели электроэрозионного процесса очистки воды.

В ходе анализа моделируемого технологического процесса было выделено три стадии. На первой стадии происходит распространение электрических разрядов между металлическими шариками в межэлектродном пространстве, на второй стадии происходит образование электроэрозионных лунок на поверхности шариков и образование продуктов эрозии, и третья стадия – это протекание химических реакций окисления и сорбции.

Для разработки математической модели распространения электрических разрядов между металлическими шариками в межэлектродном пространстве был использован метод вероятностных клеточных автоматов. Слой металлических шариков в межэлектродном пространстве был представлен в виде сложной электрической цепи, состоящей из параллельно-последовательно подключенных электрических пассивных сопротивлений. Каждое из этих сопротивлений характеризует проводимость слоя воды между двумя конкретными шариками в реакторе, а также проводимость между электродами и шариками. Так как проводимость самих шариков много больше проводимости воды, принято допущение, что сопротивление шариков загрузки равно нулю. Таким образом, одним из параметров каждой клетки автомата является проводимость соответствующего слоя воды. Проводимость слоя определяет ток, протекающий между двумя шариками загрузки по формуле (1), следующей из закона Ома:

$$I_i = \frac{U_i \cdot S \cdot \sigma}{L}, \quad (1)$$

где  $I_i$  – ток проводимости в  $i$ -ом слое;  $U_i$  – напряжение в  $i$ -м слое;  $S$  – площадь сечения канала в  $i$ -м слое;  $\sigma$  – проводимость в  $i$ -м слое;  $L$  – расстояние между шариками  $i$ -го слоя. Из случайного характера распределения шариков загрузки в реакторе, а значит, расстояния  $L$  между шариками, следует вероятностный характер протекания электрического разряда по загрузке реактора: от опыта к опыту параметр  $L$  принимает произвольные значения в некотором допустимом диапазоне,

тем самым меняя сопротивление участков электрической цепи, описанной ранее.

Энергия электрических разрядов, возникающих между металлическими шариками, распределяется в разрядном канале по нормальному закону и определяется следующим выражением:

$$q_{\text{канал}}^{\text{эф}}(r) = \frac{4,45 \cdot k_{\text{эф}} \cdot q_{\text{имп}}}{N \cdot \pi \cdot R_{\text{лун}}^2} \cdot \exp\left(-4,5 \cdot \left(\frac{r}{R_{\text{лун}}}\right)^2\right), \quad (2)$$

где:  $q_{\text{имп}}$  – энергия электрического импульса, подаваемого на электроды установки;  $N$  – количество разрядов, в результате одного электрического импульса;  $R_{\text{лун}}$  – радиус лунок, образующихся на поверхности металлических шариков, определяемый из эмпирического соотношения;  $r$  – координата по длине радиуса;  $k_{\text{эф}}$  – коэффициент эффективной доли энергии, которая уходит на нагревание и плавление металлических шариков. Согласно экспериментальным данным  $k_{\text{эф}} = 0,06$ . Объем образующихся эрозионных лунок равен объему параболоида вращения:

$$V_{\text{лун}} = 0,5 \cdot \pi \cdot R_{\text{лун}}^2 \cdot h_{\text{лун}}, \quad (3)$$

где  $h_{\text{лун}}$  – глубина эрозионных лунок, образующихся на поверхности металлических шариков, зависящая от теплоемкости металлических шариков [1].

Кинетика химических реакций окисления продуктов электроэрозии и осаждения примесей была описана системой дифференциальных уравнений и представлена в работе [1].

Разработанная математическая модель была реализована в пакете MatLab. В ходе работы были сопоставлены экспериментальные данные и результаты моделирования. Расхождение между полученными данными составило порядка 5%. Такое расхождение является приемлемым для дальнейшего использования разработанной математической модели. В дальнейшем планируется применить разработанную модель для оптимизации энергозатрат электроэрозионного процесса очистки воды.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-31-00085 мол\_а.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Nadezhdin I.S., Papasidero D., Goryunov A.G., Manenti F. Optimisation of EDM process for water purification // Chemical Engineering Transactions. – 2016. – Vol. 52. – PP. 325–330.

## К ВОПРОСУ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ОБЖИГА МОЛИБДЕНОВОГО КОНЦЕНТРАТА В ПЕЧИ КС

*А.Р. Перисаев, магистрант каф. ТАМПП*

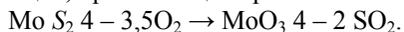
*Владикавказ, Северо-Кавказский горно-металлургический институт  
(государственный технологический университет)*

Математическая модель – приближенное описание объекта моделирования, выраженное с помощью математической символики.

Математические модели появились вместе с математикой много веков назад. Огромный толчок развитию математического моделирования придало появление ЭВМ. Применение вычислительных машин позволило проанализировать и применить на практике многие математические модели, которые раньше не поддавались аналитическому исследованию. Реализованная на компьютере математическая модель называется компьютерной математической моделью, а проведение целенаправленных расчетов с помощью компьютерной модели называется вычислительным экспериментом. Специфической особенностью обжига этих концентратов является близость температур возгорания последних (480–500°), начала спекания огарка (550–600°) и его полного расплавления (700°). В результате опытов был установлен режим, отвечающий температуре 585–595°, высоте кипящего слоя 600 мм и линейной скорости воздуха 5 см/с. При этом режиме извлечение молибдена в раствор из огарка значительно возросло (92–93% по сравнению с 79–79,5% при старой технологии обжига), это объясняется меньшим образованием нерастворимых соединений: молибдатов кальция и железа, а также двуокиси молибдена.

Обжиг молибденитового концентрата производят с целью перевода сульфида молибдена ( $\text{MoS}_2$ ) в оксид молибдена ( $\text{MoO}_3$ ) – легкорастворимое в аммиачной воде соединение.

Основная реакция, протекающая при обжиге:



При температуре выше 500 °С молибденит интенсивно окисляется кислородом воздуха с образованием триоксида молибдена по суммарной экзотермической реакции:



В задачу изучения обжига как объекта моделирования входит: нахождение основных физических параметров, в совокупности определяющих ход обжига молибденовых концентратов, возможность и необходимость их моделирования, а также определение качественной и количественной взаимосвязи параметров процесса.

Равномерное питание печи концентратом – важнейшее условие поддержания заданного режима обжига. Концентрат подается в печь с

помощью автоматизированного узла загрузки, состоящего из цилиндрического бункера, под которым находится тарельчатый питатель с регулируемой скоростью оборотов. Газы вместе с уносимыми с ними тонкими частицами материала проходят пылеулавливающие устройства (циклон, электрофильтр) и выбрасываются в атмосферу.

Запуск печи КС проводят на кварцевом песке в соответствии со специальной инструкцией.

**Параметры работы.** Входные параметры – компонентами, вводимыми в печь, являются шихта, воздух, вода для отъема избыточного тепла и охлаждения отходящих газов из печи КС.

**Возмущающие воздействия** – к возмущающим воздействиям, влияющим на ход процесса, следует отнести:

– колебание влажности загружаемого в печь концентрата. С увеличением количества влаги увеличивается и количество тепла, необходимое для её испарения. Это приводит к снижению температуры в кипящем слое.

– изменение содержания серы S в шихте. Колебания S сказываются на расход воздуха, следовательно, могут привести к повышению или снижению температуры в печи, а также на концентрацию диоксида серы в отходящих газах.

**Режимные параметры** – к режимным параметрам относятся: температура в кипящем слое, температура по периметру печи, температура отходящих газов перед стояком, температура отходящих газов перед циклоном, температура отходящих газов перед электрофильтром, разряжение под сводом печи, разряжение по газоходному тракту.

**Выходные параметры** – знание выходных координат процесса очень важно для управления процессом. Основными выходными параметрами являются: количество огарка, количество отходящих газов, количество пыли, количество пара. Количество огарка при обжиге молибденового концентрата в печи КС зависит от производительности печи.

Для составления уравнений математической модели промышленной печи обжига молибденитовых концентратов необходимо, кроме изучения основных закономерностей процесса, исследовать распределение основных технологических параметров: температуры, концентрации газовой фазы, содержания молибденита и серы в твердой фазе и др. по пространственным координатам аппарата и внутренним координатам частиц.

Закономерности и особенности обжига молибденита исследованы и описаны в работах А.Н. Зеликмана с соавторами [1–2].

Из рассмотрения физико-химических закономерностей' обжига молибденитовых концентратов для построения математической моде-

ли при температурах около 550–600 °С можно принять, что: а) молибденит окисляется в трехокись молибдена согласно стехиометрическому уравнению; б) скорость процесса определяется в основном поверхностной химической реакцией; кажущаяся энергия активации  $E_k$  составляет 57,4 кДж/моль (13,7 ккал/моль); в) скорость процесса зависит от концентрации кислорода в газовой фазе в первой степени.

**Математическая модель процесса.** Исследования, проведенные на промышленных печах, показали, что градиентом температур по пространственным координатам печи можно пренебречь. Кроме того, можно принять постоянным и гранулометрический состав по всей ванне печи и содержание в ней  $Mo$  и  $S$ . Однако в печи наблюдаются большие градиенты концентрации кислорода и сернистого ангидрида по высоте кипящего слоя и длине печи.

Если все же пренебречь распределением концентрации веществ в газовой фазе по пространственным координатам аппарата, то математическую модель печи обжига молибденитовых концентратов в кипящем слое можно получить, используя приведенную выше псевдогомогенную математическую модель гетерогенного термохимического процесса с идеальным перемешиванием твердых частиц и газа, лимитируемого поверхностной химической реакцией.

Оценим допустимость принятой идеализации для рассматриваемой задачи, сопоставляя данные теоретических и экспериментальных исследований. Математическая модель с учетом распределения концентраций газовой фазы по высоте кипящего слоя (в статике) приведена в работе.

Таким образом, при построении математической модели примем следующие допущения:

- 1) твердые частицы и газ в ванне печи равномерно перемешаны;
- 2) средний гранулометрический состав частиц в слое остается постоянным при различных температурах и режимах загрузки;
- 3) сера в огарке находится в виде  $MoS_2$ ;
- 4) скорость реакции не зависит от парциального давления продуктов реакции;
- 5) влиянием образования  $SO_3$  можно пренебречь;
- 6) дутье равномерно распределено по всему сечению печи и поддерживается постоянным; скорость дутья постоянна по высоте кипящего слоя;
- 7) температура одинакова во всех точках кипящего слоя.

Рассчитаем вариант модели с учетом сгорания в надслоевом пространстве частиц, уносимых из кипящего слоя.

Представляло интерес сопоставить данные, полученные при математическом моделировании динамики, с данными промышленного

процесса. Поэтому на промышленных печах были проведены специальные исследования по определению динамических характеристик. При исследовании регистрировали реакции процесса на возмущение типа «прямоугольный импульс»; амплитуду и продолжительность импульса варьировали в пределах реальных возмущений. Этот метод исследования использовали во всех экспериментальных работах, проводимых в промышленных условиях.

Результаты сравнения показали, что для одноименных возмущений кривые переходных процессов, полученные на модели объекта, отличаются от реальных кривых не более чем на  $\pm 10-20^\circ\text{C}$  и полностью передают характер переходного процесса.

Эти результаты позволили принять модель для последующего исследования. Система уравнений, учитывающая лишь главные связи между параметрами процесса, имеет вид

$$V_T \frac{dC_{\text{MoSO}_2}}{d\tau} = \Phi_{\text{MoS}_2}^0 - \alpha K C_{\text{MoS}_2} C_{\text{O}_2} - k_{\text{MoS}_2} C_{\text{MoS}_2},$$

$$V_{\text{II}} \frac{dC_{\text{O}_2}}{d\tau} = \Phi_{\text{O}_2}^0 - K C_{\text{MoS}_2} C_{\text{O}_2} - k_{\text{O}_2} C_{\text{O}_2},$$

$$\sum G_{A_j} c_{A_j}^p \frac{dT}{d\tau} = q K C_{\text{MoS}_2} C_{\text{O}_2} - qf(\tau) - k_Q T,$$

$$K = K^0 \exp\left[\frac{E_k}{RT}\right].$$

**Вывод.** Имея такую модель, можно апробировать на ней различные управляющие воздействия, зафиксировать реакции модели на эти воздействия, выбрать из них те, которые в наибольшей степени удовлетворяют критерию оптимальности, и подать их на регуляторы для реализации.

Таким образом, модель уточняется в процессе управления и используется для определения управляющих воздействий при работе как в ритме процесса, так и в режиме опережающего анализа.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Буровой И.А. Автоматическое управление процессами в кипящем слое. – М.: Metallургия. – 1969. – 472 с.
2. Зеликман А.Н. Молибден. – М.: Metallургия. – 1993.

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ  
ДВУХКОНТУРНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ  
ПРОЦЕССОМ ИНДУКЦИОННОЙ ПАЙКИ**

*В.Е. Петренко, Г.С. Тимофеев, студенты каф. ИУС;*

*В.С. Тынченко, доцент каф. ИУС, к.т.н.*

*Научный руководитель В.Д. Лаптенюк, проф. каф. ИУС, д.т.н.*

*Красноярск, СибГАУ, Dpblra@inbox.ru*

Процесс индукционной пайки волноводных трактов из алюминиевых сплавов характеризуется рядом особенностей и проблем, описанных в [1]. Комплекс автоматизированного оборудования, описанный в [2], позволял получать качественные паяные соединения, но оставались проблемы, связанные с наладкой технологического процесса ввиду большого количества возможных типоразмеров волноводов и допусков по их массе в пределах 10–20%, необходимости точного позиционирования зазоров между индуктором и волноводом с погрешностью не более 0,2 мм, высокого уровня влияния человеческого фактора на количество брака, определяемого опытом оператора. В связи с этим была поставлена задача о модернизации комплекса автоматизированного оборудования путем введения дополнительного контура управления, поскольку управлять индукционным нагревом можно не только изменением мощности индукционного генератора, но и изменением положения волновода относительно индуктора в процессе пайки, тем самым перераспределяя энергию между элементами паяемого изделия.

С целью разработки алгоритмов управления модернизируемой системы была дополнена уже существующая математическая модель, описанная в [3], которая была использована ранее для оценки возможности двухконтурного управления.

На рис. 1 представлена дополненная модель двухконтурной системы управления процессом индукционной пайки. В качестве математических моделей для описания процессов нагрева волноводной трубы и фланца были выбраны расчетные схемы теплового поля стержня (бесконечного – для трубы, и ограниченного – для фланца), при непрерывно действующем, подвижном, плоском источнике теплоты [4, 5]. Вектор  $\mathbf{W}_{kh}$  описывает перераспределение энергии генератора  $q_{\text{ген}}$  между элементами изделия в соответствии с текущим положением  $h$ . Для подбора и уточнения всех необходимых коэффициентов достаточно было провести несколько опытов (теплофизических свойств материала и меры перераспределения энергии в изделии при изменении зазора индуктор – фланец).

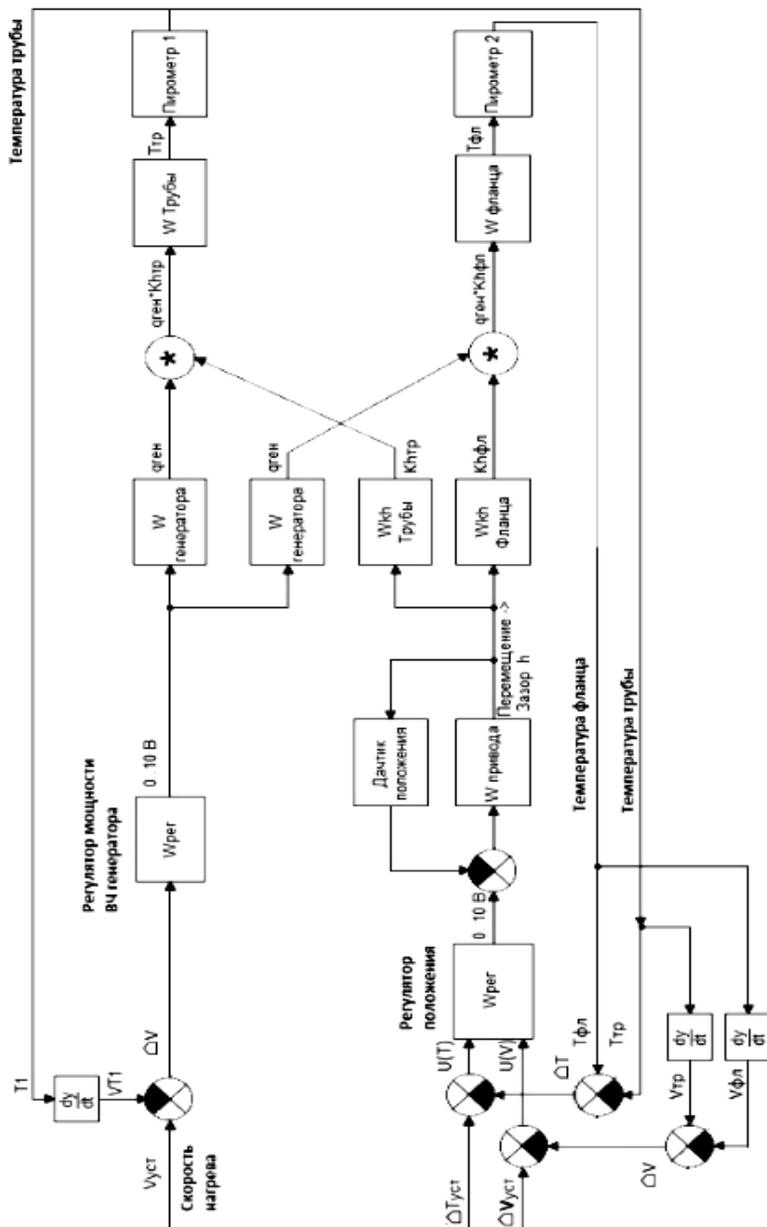


Рис. 1. Модель двухконтурной системы управления процессом индукционной пайки волноводных трактов

На основании данных, полученных при помощи компьютерного моделирования двухконтурной системы управления, и имеющихся статистических данных о процессе индукционного нагрева волновода была составлена база правил нечеткой логики для формирования законов управления, успешно запрограммирована и перенесена на физическую модель. Результаты работы системы и моделирования представлены на рис. 2.

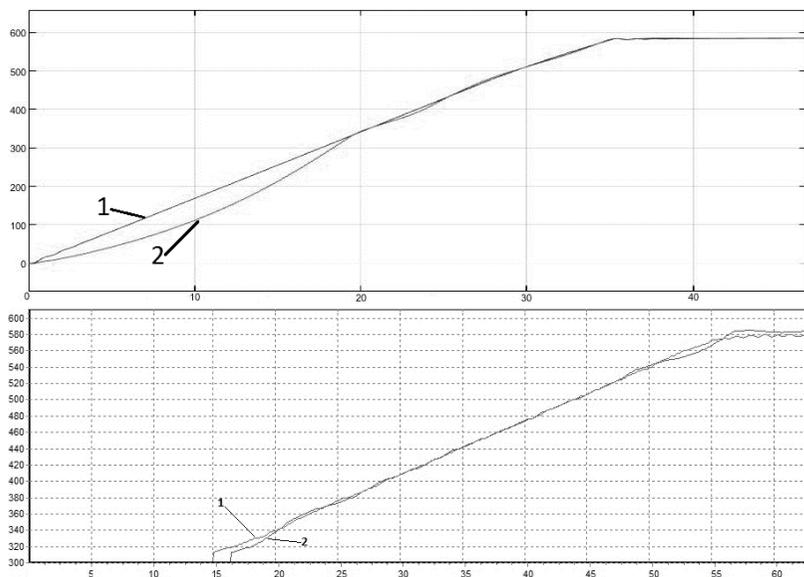


Рис. 2. Результаты моделирования и работы системы управления для типоразмера  $19 \times 9,5$ : 1 – температура волноводной трубы; 2 – температура фланца; ось  $x$  – время, с; ось  $y$  – температура, °C; верхний график – результат моделирования; нижний график – результат работы системы

Из графиков видно, что математическая модель в достаточной мере отразила процесс нагрева в реальной системе, что позволило сократить временные затраты на разработку алгоритмов управления системой, а также реализацию и настройку регуляторов для контуров управления мощностью индукционного генератора и положением паяемого волновода относительно индуктора значительно уменьшить количество необходимых экспериментов. При этом внесенные упрощения в модель относительно реальной системы дали возможность использовать уже известные решения и методы расчетов температурного поля при ее составлении. Во время программной реализации алгоритмов управления вносились только поправки для коэффициентов

без изменения общей структуры. Полученные регуляторы позволяют успешно управлять процессом пайки различных типоразмеров без перенастройки.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Злобин С.К.* Особенности производства волноводно-распределительных трактов антенно-фидерных устройств космических аппаратов / С.К. Злобин, М.М. Михнев, В.Д. Лаптенко и др. // Вестник СибГАУ. – 2013. – № 6. – С. 196–201.
2. *Злобин С.К.* Автоматизированное оборудование и технология для пайки волноводных трактов космических аппаратов // Вестник СибГАУ. – 2014. – № 4 (56). – С. 219–229.
3. *Петренко В.Е.* Двухконтурная система управления процессом индукционной пайки волноводных трактов / В.Е. Петренко, В.Д. Лаптенко, С.К. Злобин // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2016. – Т. 1. – С. 704–706.
4. *Коновалов А.В.* Теория сварочных процессов / А.В. Коновалов, А.С. Куркин, Э.Л. Макаров. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. – 351 с.
5. *Рыкалин Н.Н.* Расчеты тепловых процессов при сварке. – М.: Машгиз, 1951. – 297 с.

#### МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ И АКУСТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ФУЛЛЕРИТА C<sub>60</sub>

*А.Е. Резванова, студентка каф. МиСА*

*Научные руководители: М.С. Барабашко, к.ф.-м.н.,*

*А.Н. Пономарев, к.ф.-м.н.*

*Томск, ТУСУР, nastya.rezvanova@mail.ru*

Общая формула молекул фуллеренов C<sub>n</sub>, где *n* – количество атомов углерода. В фуллеренах может быть 20, 24, 28, 32, 36, 50, 60, 70, 74, 97, 84, 164, 192, 216 и т.д. атомов. Молекула фуллерена C<sub>60</sub> имеет форму усеченного икосаэдра, поверхность которого состоит из 20-ти шестиугольников и 12 пятиугольников. Атомы углерода в молекуле фуллерена связаны σ- и π-связями. Средний диаметр молекулы C<sub>60</sub> – 0,714 нм. Молекулы C<sub>60</sub> характеризуются наиболее высокой симметрией и как следствие наибольшей стабильностью, что обуславливает наибольший интерес к изучению их низкотемпературных тепловых и акустических свойств по сравнению с другими конфигурациями.

Молекулярный кристалл – фуллерит, образованный из молекул C<sub>60</sub>, при комнатной температуре имеет гранцентрированную кубическую (ГЦК) решетку симметрии Fm3m с параметром решетки 1,4161 нм. Молекулы удерживаются в кристалле силами Ван-дер-

Ваальса, при этом вращение молекул  $C_{60}$  в узлах кристаллической решетки почти свободное. Изменение ГЦК-структуры кристалла  $C_{60}$  на простую кубическую (ПК) с параметром решётки 1,411 нм происходит при температуре  $T_c \approx 260$  К в результате фазового перехода первого рода. В ПК-фазе центры тяжести молекул  $C_{60}$  остаются в узлах ГЦК-решетки, но молекулы уже не являются эквивалентными, а разбиваются на четыре подрешетки с различными ориентациями осей третьего порядка вдоль четырех пространственных диагоналей куба. Нарушение ориентационного упорядочивания в кристалле обусловлено тем, что при повороте молекул вокруг осей  $\langle 111 \rangle$  они могут находиться в шести потенциальных ямах с глобальными минимумами в пентагональной ( $p$ ) и локальными минимумами в гексагональной ( $h$ ) конфигурациях. Часть времени молекулы находятся в потенциальных ямах и совершают ориентационные колебания (либрации), часть времени молекулы вращаются, совершая скачки из ямы в яму. При температуре  $T_g = 80\text{--}90$  К происходит замораживание реориентационного движения молекул, и фуллерит переходит в состояние ориентационного стекла. В связи с этим при температуре  $T_g$  в теплоемкости фуллерита  $C_{60}$  наблюдается скачок теплоемкости, а ниже температуры 2,3 К зависимость теплоемкости  $C_{60}$  описывается линейными и кубическими членами, что характерно для стекол [1–3]. Наблюдаемый в экспериментальных работах [1–3] для фуллерита  $C_{60}$  неожиданно большой «стекольный» вклад почти на порядок больше, чем даже у диэлектриков типа аморфного кремния, по-видимому, не укладывается в описание в рамках моделей двухуровневых систем.

В связи с этим, целью данной работы было исследование природы линейного слагаемого в теплоемкости и определение из данных теплоемкости низкотемпературной зависимости скорости звука в фуллерите  $C_{60}$ . В работе проанализированы данные теплоемкости [1–3] и предложена модифицированная модель динамической конфигурации возбуждений (ДКВ) для описания вклада в теплоемкость линейного слагаемого. Эта модель, по-видимому, более применима для анализа динамики кластерных образований типа ближнего порядка в аморфных системах, поскольку в отличие от двухуровневых систем ДКВ являются возбуждениями как атомной, так и электронной подсистем металлов и полупроводников. По нашему мнению, низкоэнергетические туннельные состояния, которые расположены на границах доменов  $C_{60}$ , по-видимому, вносят доминирующий вклад в низкотемпературные эффекты в теплоемкости  $C_{60}$ .

В рамках предложенной модели ДКВ также была выполнена оценка скорости звука при температурах ниже 10 К. Выше 10 К тем-

пературная зависимость скорости звука в  $C_{60}$  была получена из анализа соотношений между упругими и термодинамическими свойствами.

Мы благодарны за финансовую поддержку Российскому фонду фундаментальных исследований (проект №16-32-50015).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Beyermann W.P.* Low-temperature specific heat of  $C_{60}$  / W.P. Beyermann, M.F. Hundley, J.D. Thompson et al. // Phys. Rev. Lett. – 1992. – Vol. 68, No. 13. – PP. 2046–2049.

2. *Beyermann W.P.* Reply: Low-temperature specific heat of  $C_{60}$  / W.P. Beyermann, M.F. Hundley, J.D. Thompson et al. // Phys. Rev. Lett. – 1992. – Vol. 68, No. 18. – P. 2737.

3. *Barabashko M.S.* The low temperature heat capacity of fullerite  $C_{60}$  / M.S. Barabashko, M.I. Bagatskii, V.V. Sumarokov, A.V. Dolbin, B. Sundqvist // Low Temp. Phys. – 2015. – Vol. 41, No. 8. – PP. 630–636.

### ДИНАМИЧЕСКАЯ ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ АЛГОРИТМОВ ПЛАНИРОВАНИЯ ДЛЯ КЛАСТЕРНЫХ СИСТЕМ НА СЕТЯХ ПЕТРИ

*П.В. Сагайдачная, аспирант каф. АИВС*

*Научный руководитель В.В. Крушинный, доцент каф. АИВС, к.т.н.*

*Снежинск, СФТИ НИЯУ МИФИ, PVSagaidachnaya@mail.ru*

Для решения ресурсоёмких многопроцессорных вычислительных задач в настоящее время широко применяются вычислительные кластеры. Вычислительный кластер представляет собой множество вычислительных узлов, объединённых высокоскоростными каналами связи в единую программно-аппаратную систему. Для эффективного использования мощностей кластера необходимо управлять очередью заданий, т.е. определять порядок запуска задач и распределять между ними вычислительные ресурсы. Данные функции выполняет планировщик задач, являющийся важной составляющей вычислительного кластера. Планировщик оперирует такими характеристиками задач, как приоритет, ожидаемое время выполнения, требуемое количество процессоров, объём оперативной памяти и дискового пространства и др. Эффективность работы планировщика может оцениваться по разным критериям, свойственным любой системе массового обслуживания. Например, количество простаивающих ресурсов или время ожидания задачами запуска. В каждом конкретном случае определяется критерий оптимальности планирования (кому дороги клиенты – минимизирует время ожидания, кому дороги ресурсы – простой).

Перед выбором конкретного алгоритма планирования для его реализации имеет смысл провести предварительную оценку этого алгоритма на имитационной модели. Модель запускается на одинаковых данных (ресурсы, очередь задач) и для каждого из алгоритмов выдает интересующие интегральные значения (время простоев ресурсов, время ожидания в очереди). Сравнивая полученные значения, можно сделать вывод об эффективности того или иного алгоритма в выбранных условиях.

Для большего приближения имитационной модели к работе кластера была создана динамическая имитационная модель, где задачи на обслуживание приходят через промежутки во времени. В реальных условиях узлы кластера дают сбои и или находятся на техническом обслуживании. Эта ситуация также промоделирована. Также была добавлена еще одна возможность – это изъятие задачи из очереди пользователем.

**Реализация алгоритмов на нечеткой сети Петри.** Принципиальное отличие маркировки в нечётких сетях от маркировки в стохастических сетях состоит в том, что сумма компонент любого вектора распределения степеней принадлежности фишек может отличаться от единицы. Вместе с тем со структурной точки зрения маркировка в обоих классах сетей однотипна. Это даёт основание предполагать, что правило разрешения переходов в нечётких сетях аналогично правилу в стохастических сетях.

Для лучшей наглядности в качестве фишек используются задачи на вычисление, которые в своем составе включают в себя необходимое количество узлов для обслуживания (size), время обработки задачи (time), приоритет на обслуживание (prio) и интервал времени, через который задача поступит в очередь на обслуживание. Позициями в сети являются конечные непустые множества вершин. Переходами в сети будут условия, по которым будет дано разрешение, перейти в следующую позицию:  $S = \{S_i\}$  – переходы дают разрешение перейти из позиции очереди задач  $J = \{J_{ij}\}$ , (где  $i = 1, \dots, n$  – это количество узлов необходимых для обработки данной задачи,  $j = 1, \dots, m$  – это время на обработку данной задачи) в позицию обработки задачи узлом  $N = \{N_i\}$ . Переходы  $C = \{C_j\}$  возвращают фишки (задачи) в позицию обработки задач  $N = \{N_i\}$ , пока не сработает условие  $j = 0$ . Последний набор переходов  $E = \{E_i\}$  дает разрешение перейти из позиции  $N = \{N_i\}$  в позицию получения значений для оценки эффективности stat.

На начальной позиции сеть Петри для варианта планирования очереди задач по FIFO и выборки по приоритетам представлена на рис. 1.

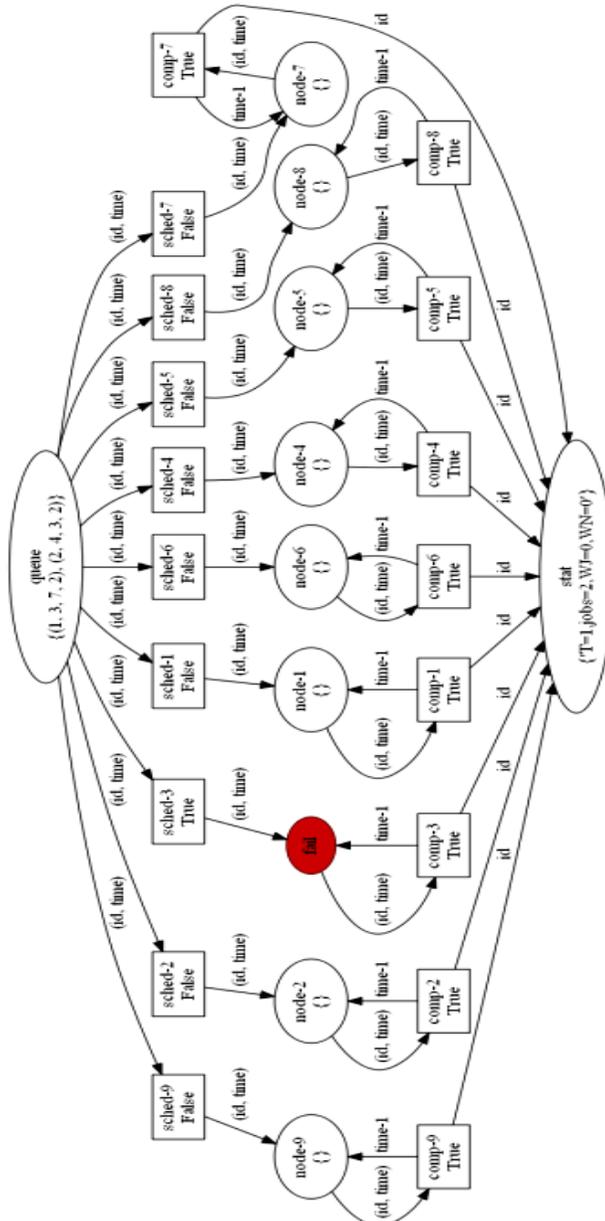


Рис. 1. Сеть Петри для вариантов планирования очереди задач на FIFO и выборки по приоритетам

### Описание характеристик моделируемой сети

1. Моделируемая сеть является ограниченной – количество узлов в вычислительном поле ограничено, время ограничено и фиксировано параметром time, значит, множество допустимых разметок конечно.

2. Сеть не является безопасной, так как  $\mu(S_i)$  (распределение степеней принадлежности задач к обрабатываемым узлам) может принимать значения больше единицы для нечёткой сети.

3. Сеть не является консервативной, т.е. сумма фишек во всех местах сети не постоянна, но процесс моделирования должен закончиться при достижении всех фишек в конечной позиции. Фишки не покидают сеть, они накапливаются в последней позиции.

4. В процессе моделирования сети не появляются мёртвые переходы (переход, который может не сработать), т.е. все переходы активные.

При полном цикле работы сети при 9 рабочих узлах и 18 задачах, ожидающих запуска, были получены результаты, представленные в таблице.

#### Результаты моделирования на сети Петри

Параметры	FIFO	Выборка по приоритетам
Общее время обработки всех задач (T)	38 у.е.	43 у.е.
Количество простаивающих ресурсов, т.е. узлов	65	103
Время ожидания задачами запуска	50 у.е.	123 у.е.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Крушинный В.В. Сети Петри при управлении параллельными взаимодействующими процессами. – Saarbrücken: LAMBERT Academic Publishing, 2013. – 217 с.

2. Крушинный В.В. Синхронизация параллельных взаимодействующих процессов. Сети Петри и управление в технических системах с параллельной обработкой данных: учеб. пособие. – Снежинск: СФТИ, 1999. – 131 с.

3. Котов В.Е. Сети Петри. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1984. – 160 с.

4. Волков И.К., Загоруйко Е.А. Исследование операций. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 435 с.

5. Матвеев В.Ф., Ушаков В.Г. Системы массового обслуживания. – М.: Изд-во МГУ, 1984.

6. Кудрявцев Е.М. GPSS World. Основы имитационного моделирования различных систем. – М.: ДМК-Пресс, 2004. – 320 с.

## **СОЗДАНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА «COMPOUNDING» ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ТОВАРНЫХ БЕНЗИНОВ**

*Е.В. Свиридова, студентка; М.В. Киргина, ассистент, к.т.н.  
Научный руководитель М.В. Киргина, ассистент каф. ХТТ и ХК, к.т.н.  
Томск, ТПУ, lizasvir@mail.ru*

В 2016 г. все нефтеперерабатывающие предприятия Российской Федерации должны были завершить переход на выпуск автомобильного бензина экологического класса Евро-5. Для снижения доли выпуска низкооктанового и низкокачественного бензина в пользу высокооктанового производителям приходится пересматривать рецептуры смешения топлива, перераспределять сырье между установками вторичной переработки нефти, модернизировать существующие установки. Так, например, в 2016 г. модернизацию прошли 70 установок из запланированных 125.

Решение данной задачи является крайне сложным ввиду ряда технологических особенностей, имеющих место при промышленном производстве бензинов, представляющего собой смешение различных углеводородных потоков вторичной переработки нефти, а также антидетонационных присадок и добавок-оксигенатов на предприятии, в определенном соотношении (рецептура) так, чтобы итоговая смесь соответствовала предъявляемым требованиям к качеству [1].

Многоступенчатый процесс производства товарных бензинов является одним из наиболее сложных с точки зрения оптимизации промышленных процессов – в процесс вовлечено большое количество индивидуальных компонентов в условиях постоянного изменения углеводородного состава сырья. Кроме того, детонационные свойства смесевых бензинов не подчиняются закону аддитивности, что составляет существенную трудность при планировании данного процесса.

Все эти факторы препятствуют выработке единых, универсальных рецептур для производства той или иной марки бензина, существующие рецептуры нуждаются в постоянной корректировке в зависимости от большого числа факторов.

Таким образом, оптимизация процесса компаундирования товарных бензинов является актуальным промышленно-ориентированным направлением научной деятельности в свете современных тенденций по ежегодному увеличению потребления высокооктановых автомобильных бензинов. Исследованию аспектов данной проблемы посвящено большое количество научных работ как отечественных, так и зарубежных ученых [2].

Вместе с тем наиболее удобным и эффективным инструментом для оптимизации и прогнозирования смешения сложных по составу углеводородных смесей при производстве бензинов является применение комплексной моделирующей системы на физико-химической основе, позволяющей разрабатывать оптимальные рецептуры смешения бензинов с учетом состава вовлекаемого сырья.

В ходе работы была разработана комплексная моделирующая система для оптимизации производства бензинов, состоящая из следующих взаимосвязанных блоков (рис. 1):

- обработка данных хроматографического анализа;
- расчет детонационных и физико-химических свойств бензинов;
- разработка оптимальных рецептур смешения бензинов.

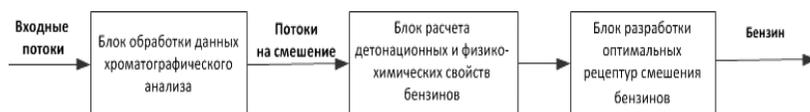


Рис. 1. Структура комплексной моделирующей системы для оптимизации процесса производства бензинов

Разработанная моделирующая система позволяет осуществлять расчет широкого спектра детонационных и физико-химических характеристик бензинов и бензиновых компонентов, в том числе: октановых чисел, давления насыщенных паров, плотности и вязкости смесей, а также точного углеводородного состава потоков, исходя из данных хроматографического анализа. На основании этих показателей система в автоматическом режиме разрабатывает оптимальные рецептуры смешения бензинов различных марок с учетом состава вовлекаемых в смешение потоков.

Созданный программный продукт может использоваться для управления, автоматизации и сопровождения производства автомобильных бензинов на нефтеперерабатывающих заводах страны.

Применение программного продукта позволяет, во-первых, наиболее точным методом рассчитывать основные свойства бензина (с наименьшими погрешностями), во-вторых, корректировка рецептур смешения бензинов с учетом изменений углеводородного состава сырья позволяет осуществлять экономию дорогостоящих компонентов, вовлекая их неизрасходованные запасы в производство более качественного топлива, уменьшать нежелательный запас по качеству товарных продуктов и вместе с тем избежать производства некондиционных партий бензина. В-третьих, программный продукт позволяет учитывать постоянно меняющийся состав сырья при разработке рецептур

смешения бензинов. В-четвертых, полученные результаты отображают концепцию ресурсоэффективного производства бензинов, повышают экономическую эффективность стадии смешения, используя при этом только внутренние сырьевые ресурсы предприятия и не требуя дополнительных вложений и затрат на оборудование, что приносит положительный экономический эффект для предприятия [3].

В рамках работы с использованием программного продукта было проведено исследование влияния состава сырья на рецептуру смешения и свойства получаемого бензина. Было установлено, что для выпуска продукции, соответствующей всем требованиям современных стандартов и ресурсоэффективного ведения производства, необходимым является учитывать состав вовлекаемого в смешение сырья и своевременно осуществлять корректировку рецептур. При этом применение программного комплекса позволит оптимальным образом выбрать рецептуры смешения бензина: в случае с низкооктановым сырьем корректировка позволит избежать производства некондиционных партий бензина, в случае с высокооктановым сырьем корректировка позволяет уменьшить перерасход высококачественного и дорогостоящего сырья. Была осуществлена корректировка рецептур смешения бензина, отражающая концепцию ресурсоэффективного производства.

В результате корректировки объем выпуска высокооктановых марок бензина Премиум-95 и Супер-98 был увеличен на 8% (32000 т). Получаемые бензины соответствуют всем требованиям технического регламента Таможенного союза и ГОСТ Р 51866–2002.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Брагинский О.Б. Прогнозирование российского рынка автомобильных видов топлива. Открытый семинар «Экономические проблемы энергетического комплекса» (семинар А.С. Некрасова). 129-е заседание от 24 апреля 2012 г.
2. Kulkarni-Thaker S., Mahalec V. Multiple optima in gasoline blend planning // Industrial and Engineering Chemistry Research. – 2013. – Vol. 52, Is. 31, 7 August. – PP. 10707–10719.
3. Maylin M.V., Kirgina M.V., Sviridova E.V. et al. Calculation of gasoline octane numbers taking into account the reaction interaction of blend components // Procedia Chemistry. – 2014. – Vol. 10. – PP. 477–484.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ЗАГРУЗКИ МАЛЫХ  
ГЭС И ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ТЕХНИКО-  
ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ  
ПАО «МРСК СИБИРИ – «ХАКАСЭНЕРГО»**

*Е.Г. Сёма, Н.С. Фроленко, А.В. Тенешев, студенты каф. ГГЭЭС  
Научный руководитель Л.В. Толстихина, доцент каф. ГГЭЭС, к.т.н.  
Саяногорск, рп. Черемушки, СШФ СФУ, sema\_ekaterina@mail.ru*

На территории Республики Хакасия учтено 324 реки, принадлежащие бассейну реки Енисей.

По прогнозам развития промышленности прирост потребления электроэнергии в Республике Хакасия к 2030 г. составит 26,8%, в то время как производство электроэнергии увеличится лишь на 10%. В Республике Хакасия целесообразно строительство гидроэлектростанций малой мощности.

Такие ГЭС смогут полностью обеспечить потребителя и работать как в общем графике нагрузки, так и изолированно от энергосистемы, что позволит отказаться от электросетевого строительства или значительно снизить его объём.

В результате водно-энергетических расчетов была проведена предварительная оценка максимальной мощности МГЭС [1, С. 273–276]:

Тёйская ГЭС максимальной мощностью 15 МВт,  
Аскизская ГЭС максимальной мощностью 48,5 МВт,  
Онакская ГЭС максимальной мощностью 16,4 МВт,  
Июсская ГЭС максимальной мощностью 12 МВт,  
Ербинская ГЭС максимальной мощностью 26 МВт.

Однако максимальное значение мощности МГЭС не означает эффективное использование водных ресурсов.

Для решения задачи оптимального распределения активной мощности между станциями была построена модель с применением метода неопределённых множителей Лагранжа [2. С. 248–251; 3. С. 334].

Аналитически определены характеристики относительных приростов расхода воды для пяти гидроэлектростанций:

$$\varepsilon_1 = 0,0282 \cdot P_1^2 + 6,2677 \cdot P_1 + 16,1106 \text{ – Тёйская ГЭС};$$

$$\varepsilon_2 = 0,0381 \cdot P_2^2 + 5,1085 \cdot P_2 + 26,3135 \text{ – Аскизская ГЭС};$$

$$\varepsilon_3 = 0,0379 \cdot P_3^2 + 4,5784 \cdot P_3 + 26,3718 \text{ – Онакская ГЭС};$$

$$\varepsilon_4 = 0,0274 \cdot P_4^2 + 4,3564 \cdot P_4 + 18,0120 \text{ – Июсская ГЭС};$$

$$\varepsilon_5 = 0,0746 \cdot P_5^2 + 5,0600 \cdot P_5 + 32,0898 \text{ – Ербинская ГЭС},$$

где  $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3, \varepsilon_4, \varepsilon_5$  – значения относительных приростов расхода воды;  
 $P_1, P_2, P_3, P_4, P_5$  – генерируемая мощность в узлах энергосистемы.

Условие оптимального режима:

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \varepsilon_3 = \varepsilon_4 = \varepsilon_5 = -\lambda = \text{const}.$$

Условие должно удовлетворять уравнению баланса активной мощности:

$$P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 - P_H = 0,$$

где  $P_H$  – мощность нагрузки.

Оптимальное распределение активных мощностей рассматриваемых МГЭС приведено в таблице.

**Результат расчёта оптимального режима**

МГЭС	Максимальная мощность, МВт	Мощность МГЭС в оптимальном режиме, МВт
Тейская	15	13,6
Аскизская	48,5	14,0
Онакская	16,4	15,8
Ербинская	26	18,3
Июсская	12	11,7

Для оценки влияния проектируемых МГЭС на режим электрической сети ПАО «МРСК Сибири» – «Хакасэнерго» был произведен расчёт с использованием программно-вычислительного комплекса RastrWin3 установившегося режима. В качестве балансирующего узла была принята подстанция Абаканская (рис. 1).

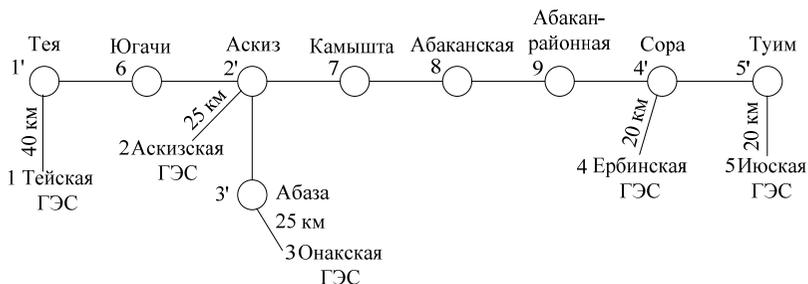


Рис. 1. Расчётная схема сети

Расчёты показали, что отклонение напряжения в узлах рассматриваемой сети не превышает нормируемого и составляет 2,89%. В результате оптимизационных мероприятий стоимость потерь снизилась на 1,8 млн руб.

## **Выводы**

1. Рассчитаны установившиеся режимы электрических сетей филиала ПАО «МРСК Сибири» – «Хакасэнерго» до и после проведения оптимизационных мероприятий.

2. Оптимизационные мероприятия позволили снизить потери мощности в рассматриваемом узле электрической сети, рассчитан экономический эффект от снижения потерь.

3. Оптимизация режима ведёт к снижению расхода воды, что является актуальным в маловодные периоды года.

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. *Никишин К.А., Толстихина Е.А., Сёма Е.Г., Толстихина Л.В.* Использование гидроэнергетических ресурсов южных районов Сибири для строительства малых ГЭС // Электроэнергетика глазами молодёжи – 2016: матер. VII Междунар. молодёж. науч.-техн. конф., 19–23 сентября 2016 г., Казань. – Т. 3. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2016. – 379 с.

2. *Веников В.А.* Электроэнергетические системы в примерах и иллюстрациях / В.А. Веников, Ю.Н. Астахов, В.В. Ежков. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 504 с.

3. *Герасименко А.А., Федин В.Т.* Передача и распределение электрической энергии / А.А. Герасименко, В.Т. Федин. –2-е изд. – Ростов н/Д: Феникс, 2008. – 715 с.

4. *Постановление* Президиума Правительства Республики Хакасия от 07.09.2015 № 87-п. Об утверждении Прогноза социально-экономического развития Республики Хакасия на период до 2030 г. [Электронный ресурс]. – <http://www.rastrwin.ru>

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕНА СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ДИЗЕЛЬНОГО ДВС**

*Р.М. Хисматуллин, В.В. Березин,*

*Р.М. Смолкин, Э.Р. Ахметишина, студенты*

*Научный руководитель Р.Р. Салахов, директор НИИ ЭЭТ, к.т.н.  
Казань, Казанский национальный исследовательский технический  
университет им. А.Н. Туполева (КАИ), keht0001@yandex.ru*

Поршневые двигатели внутреннего сгорания используются повсеместно, начиная от выработки энергии на электростанциях, заканчивая малой авиацией и автомобилями. У многих двигателей возможно воздушное охлаждение, однако при больших мощностях и объёмах двигателя подобный способ может быть недостаточно эффективен. По этой причине на современных автомобилях зачастую установлена жидкостная система охлаждения. От эффективности подобной систе-

мы охлаждения напрямую зависит эффективность рабочих процессов в цилиндре. Кроме того, для исключения опасных температурных напряжений в цилиндро-поршневой группе необходимо обеспечить оптимальную работу системы охлаждения. Стандартная система охлаждения недостаточно эффективна на всех режимах, по этой причине было принято решение смоделировать работу системы с разными модификациями и обобщить полученные данные.

Для моделирования теплообмена системы охлаждения дизельного ДВС была выбрана платформа LMS Amesim, которая представляет собой САЕ-пакет для моделирования инженерных и физико-технических систем, где расчет проводится, используя численные методы решения дифференциальных уравнений [1].

При исследовании теплообмена были созданы модели, показанные на рис. 1–3.

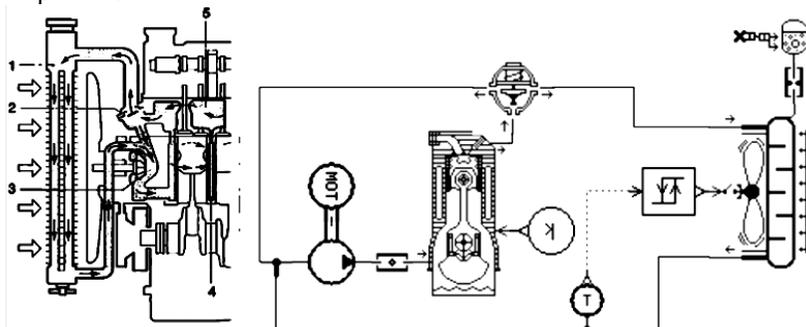


Рис. 1. Базовая система охлаждения ДВС

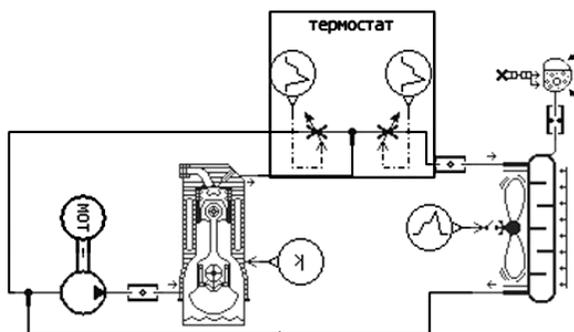


Рис. 2. Система с регулируемым термостатом

На данный момент продолжается работа по настройке моделей для приведения её к реальному образцу, но уже на текущем этапе можно выявить эффективность применения дополнительных уст-

ройств для улучшения работы системы охлаждения. LMS Ameism позволяет не только смоделировать работу системы, но и на этапе разработки выявить слабые стороны и найти оптимальные режимы.

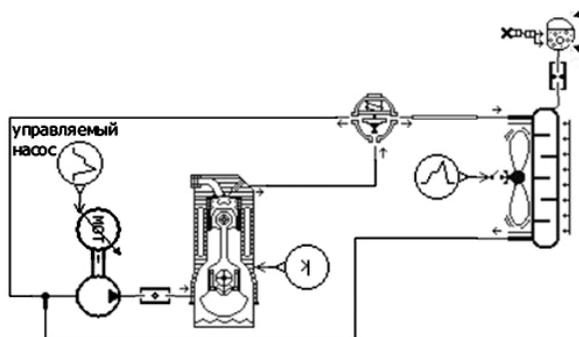


Рис. 3. Система с управляемой водяной помпой

Надо отметить, что несмотря на эффективность управляемого термостата, его работа не всегда будет автономной, сигналы, приводящие в действие нагревательный элемент, в данном исполнении подаются по сигналу от человека (та же педаль акселератора). Соответственно задействуется больше систем, что увеличивает вероятность отказа либо поломки. Регулируемый жидкостный насос не требует непосредственного вмешательства человека, так же позволяет продолжать охлаждение при выключенном двигателе.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Гимадиев А.Г.* LMS Imagine.lab AMESim как эффективное средство моделирования динамических процессов в мехатронных системах: учеб. пособие / А.Г. Гимадиев, П.И. Грешняков, А.Ф. Сияяков. – Самара, 2014. – 136 с.

### ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ НА ОСНОВЕ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕОРИИ ГРАФОВ

*А.А. Шевелева, студентка*

*Научный руководитель Б.П. Степанов, доцент каф. ФЭУ ФТИ, к.т.н.  
Томск, НИ ТПУ, aas-tpu@yandex.ru*

Неотъемлемой частью каждого опасного производственного объекта является система безопасности, направленная на защиту предприятия от угроз несанкционированных действий. Согласно Постановлению Правительства «О безопасности объектов топливно-энергетического цикла» и другим законодательным актам система безопас-

ности должна подвергаться оценке для выявления эффективности ее функционирования.

Одним из способов оценки эффективности систем безопасности является применение компьютерных методов, где моделируются исследуемый объект и составляющие системы безопасности. Существующие в настоящее время программные продукты и методики не позволяют прорабатывать большое количество предполагаемых маршрутов нарушителя, поэтому в работе была исследована методика применения элементов теории графов при описании территории промышленного объекта и элементов системы безопасности, а также моделирования движения нарушителя в такой системе.

Для отработки алгоритмов поиска пути была разработана программная среда, где моделируется сам промышленный объект – территория, расположение зданий, предмета защиты и т.д., а также система безопасности – элементы инженерных и технических средств (рис. 1).

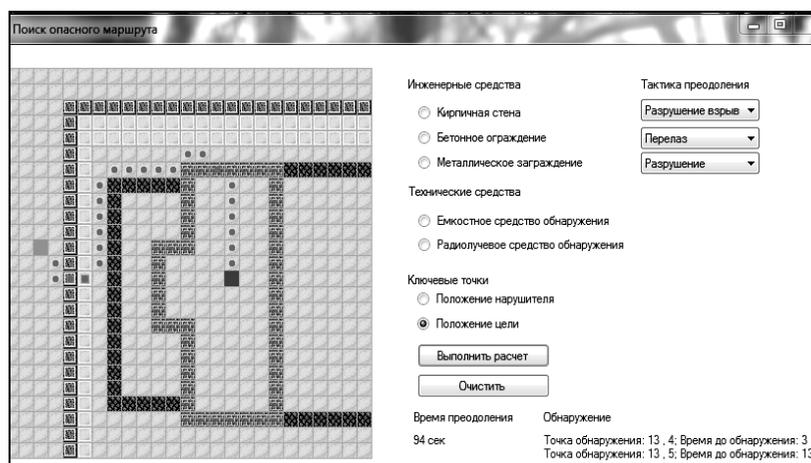


Рис. 1. Окно программного продукта по оценке эффективности

Каждая единица территории представляется вершиной графа с определенным весом. После этого моделируется движение нарушителя с определенными характеристиками через систему безопасности. При задании оснащённости системы комплексом инженерно-технических средств и тактики нарушителей можно выявить степень устойчивости системы безопасности к различным видам воздействий. Ввиду того, что территория представлена в виде графа, возможно

применение волновых алгоритмов поиска пути для выявления наиболее опасного маршрута.

Таким образом, возможно проведение оценки эффективности системы безопасности с максимального количества сторон. Данная система является достаточно гибкой: моделируя систему безопасности, с определенной точностью можно выявить уязвимые места и наиболее вероятные способы осуществления атак.

Данная разработка может быть использована предприятиями, специализирующимися на обеспечении систем безопасности, опасными производственными объектами для подготовки персонала, а также для обучения студентов по связанным специальностям.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Lovecek T., Ristvej J., Simal L.* Critical Infrastructure Protection Systems Effectiveness Evaluation // J. of Homeland Security and Emergency Management. – 2010. – 7 p.
2. *Дозорцев В.М.* Компьютерные тренажеры для обучения операторов технологических процессов. – М.: СИНТЕГ, 2009. – 372 с.
3. *Mc Millan M.* Data Structures and Algorithms Using Visual Basic.NET. – Cambridge: University Press. – 2005. – 412 p.
4. *Korzhyk D. et al.* Stackelberg vs. Nash in Security Games: An Extended Investigation of Interchangeability, Equivalence, and Uniqueness // J. Artif. Intell. Res. (JAIR). – 2011. – Vol. 41. – PP. 297–327.
5. *Tambe M.* Security and game theory: algorithms, deployed systems, lessons learned. – Cambridge: University Press, 2011.

## **ПОДСЕКЦИЯ 3.5**

### **ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ**

*Председатель секции – Ходашинский И.А., проф. каф. КИБЭВС,  
д.т.н.;*  
*зам. председателя – Сарин К.С., ассистент каф. КИБЭВС*

#### **КЛАССИФИКАТОР НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ АНГЕЛОВА–ЯГЕРА**

*А.Е. Анфилофьев, аспирант каф. КИБЭВС*

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

Нечеткие системы получили сокращенное название AnYa (по первым буквам фамилий авторов P. Angelov, R. Yager) [1]. Основой систем типа AnYa является база правил, в которой каждое правило – это локальная модель (подсистема), построенная на основе выделяемой группировки данных или облака. Облако соответствует ЕСЛИ-части правила. Таким образом, концепция систем типа AnYa не предполагает определения искусственных функций принадлежности по каждой переменной, вместо этого используется реальное распределение данных. Описание облака задается в векторной форме, тем самым устраняется необходимость использования логических связей и операции агрегирования. Важной особенностью систем типа AnYa является использование функции плотности данных для получения уровня активации каждого правила [1].

В данной работе представлен классификатор на основе вычисления менее сложного алгоритма построения базы правил системы типа AnYa. Уменьшение сложности достигается за счет хранения усредненных значений параметров о каждом облаке, а также отказа от расчета глобальной плотности, расчет которой ведется в алгоритмах Ангелова [1].

Цель предлагаемой работы – описание оригинального алгоритма построения базы правил нечеткого классификатора.

1. Классификатор на основе алгоритма построения базы правил системы типа Ангелова–Ягера.

В качестве основы алгоритма используется модифицированная система Ангелова–Ягера с использованием измененной функцией вычисления локальной плотности [2]. Обобщенный алгоритм приведен ниже.

Введем следующие обозначения:  $r$  – граница по расстоянию на входном пространстве;  $L$  – граница по расстоянию на выходном пространстве;  $N$  – количество нечетких правил (облаков);  $p_k^i$  – количество точек в облаке  $\Omega^i$  на  $k$ -й итерации алгоритма.

Псевдокод алгоритма приведен ниже:

Вход:  $\mathbf{z}, r, L$ .

Выход:  $\mathbf{R}$ .

Получить первый экземпляр данных  $\mathbf{z}_1$ ,  $\mathbf{R} := \{\Omega^1(\boldsymbol{\mu}_1^1 = \mathbf{x}_1), u_1^1 = y_1\}$ ,  $N := 1$ ,  $k := 1$ ;

Цикл пока (возможно получить экземпляр данных  $\mathbf{z}_k$ )

Рассчитать  $\gamma_k^i$  по формуле:

$$g_k^i = K \left( \|\mathbf{x}_k - \boldsymbol{\mu}_{k-1}^i\| \right), \quad \gamma_k^i = \begin{cases} 1, & \text{если } g > 1, \\ 0, & \text{если } g < 0, \\ g_k^i, & \text{иначе} \end{cases} \quad i=1, \dots, N,$$

при  $i = 1, 2, \dots, N$

$$near := \underset{i=1,2,\dots,N}{\operatorname{argmax}}(\gamma_k^i);$$

Если  $\left\| \mathbf{x}_k - \boldsymbol{\mu}_{k-1}^{near} \right\| > r$ ,

то  $N := N+1$ ,  $\mathbf{R} := \mathbf{R} \cup \{\Omega^N(\boldsymbol{\mu}_k^N = \mathbf{x}_k), u_k^N = y_k\}$ ,  $p_k^N := 1$ , перейти к началу цикла;

Если  $|u_k - y_k| > L$  в точке  $\mathbf{z}^k$ ,

то  $N := N+1$ ,  $\mathbf{R} := \mathbf{R} \cup \{\Omega^N(\boldsymbol{\mu}_k^N = \mathbf{x}_k), u_k^N = y_k\}$ ,  $p_k^N := 1$ , перейти к началу цикла;

$p_k^{near} := p_{k-1}^{near} + 1$ ;

Вычислить фокальную точку облака  $\boldsymbol{\mu}_k^{near} := \frac{p_{k-1}^{near}}{p_k^{near}} \boldsymbol{\mu}_{k-1}^{near} + \frac{\mathbf{x}_k}{p_k^{near}}$ ;

Рассчитать значение  $u_k^{near}$  с помощью рекуррентного метода наименьших квадратов, перейти к началу цикла;

Конец цикла.

При построении классификатора будет применяться построение функциональной зависимости на основе модифицированного алгоритма Ангелова–Ягера с последующим преобразованием полученного значения вывода алгоритма в класс.

Так как классифицируемые данные обладают метками, необходимо сопоставить меткам класса целочисленные значения  $\{s_1, s_2, \dots, s_C\}$ , где  $C$  – количество классов. Полученную приведенную таблицу

наблюдений можно использовать для построения функциональной зависимости на основе алгоритма Ангелова–Ягера. Выводом алгоритма является число  $s'_i$ . Примем выводом алгоритма класс, которому соответствует ближайшее целочисленное значение к  $s'_i$  из  $\{s_1, s_2, \dots, s_C\}$ .

## 2. Эксперимент.

Несмотря на то, что алгоритм используется для потоковых данных, всегда можно пакетные данные представить в виде потока (не обязательно упорядоченного по какой-либо входной переменной).

Пусть имеется таблица наблюдений –  $\{(x_k, y_k), k = 1, \dots, m\}$ , тогда ошибки предсказания на всех наблюдаемых данных могут быть вычислены как отношение количества правильно определенных классов для входных образцов к количеству всех входных образцов.

Для оценки эффективности работы классификатора типа AnYa в пакетном режиме проведем эксперимент на наборах данных из репозитория KEEL (<http://www.keel.es>):

- iris – 4 входных переменных, 3 класса, 150 образцов;
- wine – 13 входных переменных, 3 класса, 178 образцов;
- newthyroid – 5 входных переменных, 3 класса, 215 образцов.

Проверка проводилась по схеме кроссвалидации. В этой схеме набор разбивался на десять файлов, 90% набора помещалось в обучающую выборку, а остальные 10% – в тестовую.

### Результаты

Классификатор	Набор данных	Количество правил	Точность на обучающей выборке, %	Точность на тестовой выборке, %
D-MOFARC [3]	iris	5,6	98,1	<b>96,0</b>
	wine	8,6	100,0	95,8
	newthyroid	9,5	99,8	<b>95,5</b>
Предложенный классификатор	iris	2,9	97,1	95,3
	wine	4,6	99,0	<b>97,2</b>
	newthyroid	5,4	93,1	93,9

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-07-00034а.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Angelov P., Yager R. Simplified fuzzy rule-based systems using non-parametric antecedents and relative data density // IEEE Workshop Evol. Adapt. Intell. Syst. – 2011.

2. Анфилофьев А.Е., Горбунов И.В., Сарин К.С., Ходашинский И.А. Оригинальный алгоритм построения нечеткого аппроксиматора потоковых данных // XV нац. конф. по искусственному интеллекту с междунар. участием

КИИ–2016, 3–7 октября 2016 г., г. Смоленск, Россия: тр. конф. – Т. 3. – Смоленск: Универсум, 2016. – С. 61–66.

3. *Fazzolari M., Alcalá R., Herrera F.* A multi-objective evolutionary method for learning granularities based on fuzzy discretization to improve the accuracy-complexity trade-off of fuzzy rule-based classification systems: D-MOFARC algorithm // *Applied Soft Computing*. – 2014. – Vol. 24. – PP. 470–481.

## МЕТОД ЧИУ ДЛЯ ОТБОРА ИНФОРМАТИВНЫХ ПРИЗНАКОВ НЕЧЕТКИХ КЛАССИФИКАТОРОВ

*С.Н. Аримпилов, студент каф. КИБЭВС;*

*С.А. Ворожцов, студент каф. БИС*

*Научный руководитель К.С. Сарин, ассистент каф. КИБЭВС*

*Томск, ТУСУР, sks@security.tomsk.ru*

Одной из важных проблем в системах нелинейного моделирования является выбор информативных входных переменных из множества всех возможных. Влияние входных переменных на результат происходит с различной степенью, и решение задачи выбора наиболее влиятельных (информативных) входных переменных позволяет добиваться следующих результатов. С точки зрения моделирования использование только информативных переменных обеспечивает более простую, полезную и надежную модель; более того, модель будет более практична для применения, поскольку меньше количество переменных должно быть измерено. С точки зрения управления оценка важности переменной сосредоточивает усилия на переменных, которые имеют значения, устраняя тем самым затраты времени и средств на управление и поиск значений несущественных переменных.

Целью настоящей работы является применение метода Стефана Чю [1] для отбора информативных признаков при построении нечетких классификаторов на основе анализа данных.

**Нечеткий классификатор.** Нечеткий классификатор состоит из базы нечетких правил следующего вида [2]:

$$R_i: \text{IF } x_1 = A_{i,1} \text{ AND } \dots \text{ AND } x_n = A_{i,n} \text{ THEN } y = L_i,$$

где  $n$  – размерность пространства входных данных;  $\{A_{i,1}, \dots, A_{i,n}\}$  – множество нечетких термов, оценивающих соответствующую переменную;  $L_i$  – выход нечеткого правила, соответствующий элементу множества меток класса  $\{1, \dots, K\}$ ,  $K$  – число классов. Классификация нового входного вектора  $x$  проводится с помощью нахождения метки класса среди  $\{1, \dots, K\}$  с наибольшей суммой влияний правил, имеющих соответствующую классу выходную метку:

$$y = \arg \max_{k=1, \dots, K} \sum_{\substack{i=1, \dots, r; \\ L_i=k}} \prod_{j=1}^n \mu_{i,j}(x_j),$$

где  $\Pi$  –  $t$ -норма операции конъюнкции, в данной работе используется произведение;  $\mu_{i,j}$  – функция принадлежности для нечетких множеств  $i$ -го правила  $j$ -й переменной, которая определяет нечеткий терм  $A_{i,j}$ , в работе используются функции гауссового типа:

$$\mu_{i,j}(x_j) = e^{-\frac{(x_j - s_{i,j})^2}{\sigma_{i,j}^2}},$$

где  $s_{i,j}$  – центр и  $\sigma_{i,j}$  – отклонение функции принадлежности.

**Идентификация нечеткого классификатора на основе анализа данных.** При построении классификатора с помощью анализа данных обычно выделяют три этапа: 1) генерация структуры; 2) оптимизация параметров; 3) оценка точности классификатора. Экспериментальные данные представляют собой таблицу наблюдений с входными и выходными значениями  $\{(\mathbf{x}_p, c_p), p = 1, \dots, m\}$ , причем обычно она разбивается на две части; одна часть, называемая обучающими данными, используется для построения классификатора, а другая, называемая тестовыми данными, – для оценки точности его работы.

На этапе генерации структуры с помощью обучающих данных определяются структурные характеристики классификатора, такие как количество правил, используемые входные переменные, типы функций принадлежности, а также определяются начальные значения параметров функций принадлежности и метки выходов правил. В данной работе генерация структуры осуществлялась с помощью алгоритма горной кластеризации [3].

На этапе оптимизации параметров, после генерации структуры, ведется подбор параметров функций принадлежности таким образом, чтобы численный критерий ошибки классификации сводился к минимуму:

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

где  $z$  – количество обучающих данных,

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

Подбор параметров функций принадлежности в данной работе осуществлялся с помощью метаэвристического алгоритма «Кукушкин поиск» [4].

Для оценки точности классификатора тоже используется численный критерий ошибки классификации, но в отличие от предыдущего этапа здесь он вычисляется на тестовых данных.

**Отбор информативных признаков.** После построения классификатора с помощью описанных выше алгоритмов на всех возможных переменных можно приступить к методу оценивания важности каждой входной переменной. В [1] данный метод был предложен для нечетких аппроксиматоров типа Такаги–Сугено, в данной работе этот метод перенесен на отбор признаков нечетких классификаторов. Идея метода очень проста, нужно из нечетких правил базы классификатора удалить высказывания, связанные с определенной входной переменной, и затем оценить точность модели. Если точность модели не ухудшается, то данную переменную можно удалить. На практике, переменную удалять не нужно, а достаточно при формировании вывода значения функций принадлежности для этой переменной присвоить 1. Например, для переменной  $j$  все значения  $\mu_{i,j}(x_j) = 1$ .

Процедура отбора информативных входных переменных представлена следующими шагами:

1. Построить классификатор на всех входных переменных и оценить его точность.
2. Оценить точность модели, временно удалив поочередно каждую входную переменную.
3. Удалить переменную, удаление которой показало лучший результат на шаге 2. Запомнить эту переменную и записать значение точности классификатора.
4. Если есть неудаленные переменные, то перейти на шаг 2, иначе на шаг 5.
5. Выбрать лучшие переменные из выбранных на шаге 3.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Chiu S.L.* Selecting Input Variables for Fuzzy Models // *Journal of Intelligent and Fuzzy Systems*. – 1996. – Vol. 4, № 4. – PP. 243–256.
2. *Ходашинский И.А.* Алгоритмы структурной идентификации компактных и точных нечетких систем / *И.А. Ходашинский, И.В. Горбунов, К.С. Сарин, С.Р. Субханкулова* // *Информационные и математические технологии в науке и управлении*. – 2016. – Т. 27, № 1. – С. 82–93.
3. *Chiu S.L.* Fuzzy model identification based on cluster estimation // *Journal of Intelligent and Fuzzy System*. – 1994. – Vol. 2, № 3. – PP. 267–278.
4. *Ходашинский И.А., Минина Д.Ю., Сарин К.С.* Идентификация параметров нечетких аппроксиматоров и классификаторов на основе алгоритма «Кукушкин поиск» // *Автоматрия*. – 2015. – Т. 51, №3. – С. 27–34.

## СОКРАЩЕНИЕ ОБЪЕМА ВЫБОРКИ ДАННЫХ АЛГОРИТМОМ НА ОСНОВЕ ЭКСТРЕМУМОВ КЛАССОВ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ НЕЧЕТКОГО КЛАССИФИКАТОРА

*М.Б. Бардамова, В.С. Ковалёв, студенты каф. КИБЭВС*

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

*Томск, ТУСУР, 722bmb@gmail.com, vitaly\_979@mail.ru*

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

Классификация данных с помощью машинного обучения применяется во многих сферах жизни – в промышленности, медицине, банковском деле, информационных технологиях.

Алгоритм машинного обучения, получая на вход обучающую таблицу, состоящую из признакового описания объектов и записи о соответствующем классе, строит функциональную зависимость между объектами и классами и по полученной зависимости определяет классы для поступающих новых объектов. Как правило, обучающая таблица строится на основе наблюдаемого эксперимента или экспертной оценки свойств группы объектов или событий. В первом случае таблица наблюдений строится на основе входных и выходных данных эксперимента. Во втором случае эксперт оценивает входные данные и определяет выходной класс, исходя из своего опыта. Очевидно, что оба способа не могут гарантировать отсутствие ошибок, будь то субъективность эксперта или погрешность оборудования, несоблюдение равенства внешних условий и т.д. Ошибочные («зашумленные») экземпляры данных осложняют классификацию – приводят к увеличению времени на построение обучающих систем и понижению точности.

На формирование такой обучающей таблицы, которая позволит ускорить классификацию с сопоставимой или даже большей точностью путем устранения зашумленных экземпляров, направлен отбор экземпляров – instance selection.

В данной работе рассматривается разработанный автором алгоритм отбора экземпляров, построенный на основе экстремумов классов, предназначенный для сокращения обучающей выборки для построения нечеткого классификатора.

**Нечеткий классификатор.** Нечеткий классификатор строится на основе таблицы наблюдений и базы нечетких правил типа «если – то» [1]. В каждом правиле содержится утверждение относительно значений входных переменных и указывается значение выходной переменной в виде метки класса.

Выход классификатора определяет степень принадлежности входных данных из таблицы наблюдений их лингвистическим термам.

На рис. 1 представлен пример лингвистических термов для одной входной переменной, определяемых треугольными функциями принадлежности, каждый из которых задается тройкой параметров  $(a, b, c)$ . При построении термов с помощью экстремумов классов параметр  $a$  является минимумом класса,  $c$  – максимумом, а  $b$  вычисляется как среднее между  $a$  и  $c$ .

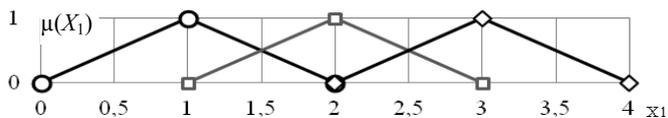


Рис. 1. Лингвистические термы треугольного вида

Критерий качества классификации определяется с помощью величины, обратной среднеквадратической функции ошибки – точностью классификации.

Алгоритм сокращения данных на основе экстремумов классов. Так как лингвистические термы и база нечетких правил строится на основе только экстремумов классов, хранить полностью всю выборку классов нецелесообразно. Достаточно сохранять в выборке только те экземпляры, в которых есть хотя бы один экстремум любого класса.

Алгоритм прост и состоит всего из нескольких шагов.

Входные данные: исходная выборка  $T = \langle x, y \rangle$ , где  $x$  – экземпляр,  $y$  – соответствующий класс,  $N$  – количество признаков в выборке,  $M$  – исходное количество экземпляров.

1) Поиск экстремумов.

Для каждого  $j$  признака,  $j = 1, 2, \dots, N$ , осуществляется поиск экстремумом  $x_j^{\min}$  и  $x_j^{\max}$  – минимальные и максимальные значения для каждого признака соответственно.

2) Сокращение выборки.

Для каждого  $i$  экземпляра,  $i = 1, 2, \dots, M$ , по всем признакам проверяется наличие экстремумов. Если в экземпляре присутствует хотя бы один экстремум, то экземпляр сохраняется в выборке. В противном случае экземпляр исключается.

Выходные данные: сокращенная выборка  $S, S < T$ .

Данный алгоритм является быстрым и не требовательным к ресурсам, поскольку включает всего две операции.

**Эксперимент** состоит из нескольких этапов.

1. Кросс-валидация: из набора данных создается пять копий-выборок. Каждая копия делится на две части: 80% данных составляют

обучающую выборку, 20% – тестовую выборку, причем в каждой копии тестовые данные различны.

2) Сокращение обучающей выборки алгоритмом сокращения на основе экстремумов классов.

3) Формирование базы правил алгоритмом на основе экстремумов классов.

4) Оценка точности классификации нечетким классификатором.

Для подтверждения эффективности алгоритма отбора экземпляров сравним точность классификатора, построенного на сокращенной выборке, и точность классификатора, построенного на полной выборке.

Тестирование проводилось на наборе данных KEEL. Результаты тестирования приведены в таблице. В первой строке приведена точность классификатора, построенного на исходной полной выборке, во второй – точность классификатора, построенного на сокращенной выборке (в графе «Экз.» – количество оставшихся экземпляров).

**Описание входных параметров классификатора**

		Spambase	Texture	Ring	Twonorm	Shuttle
Экстремумы	Обуч.	58,9	68,6	49,5	96,7	84,5
	Тест.	<b>59</b>	68,6	<b>49,5</b>	<b>96,6</b>	84,4
	Экз.	4597	5500	7400	7400	58000
Экстремумы с сокращением	Обуч.	58,9	68,5	49,4	96,7	93,6
	Тест.	<b>59</b>	<b>70,3</b>	<b>49,5</b>	96,4	<b>93,4</b>
	Экз.	3677,6	646,2	703,2	553,2	1629,2
Процент сокращения		20%	88%	90,5%	92,5%	97%

**Заключение.** Продемонстрированные результаты свидетельствуют, что классификатор, построенный на сокращенной алгоритмом сокращения на основе экстремумов классов выборке, способен демонстрировать точность, сопоставимую с точностью классификации на полной выборке большего объема.

#### 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.

## ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА РАСПОЗНАВАНИЯ МУЗЫКАЛЬНЫХ НОТ

*И.М. Боков, студент каф. БИС*

*Научный руководитель А.Ю. Якимук, ассистент каф. КИБЭВС  
Томск, ТУСУР, tarusx@gmail.com*

Мир человека наполнен звуками различного происхождения. Среди них голоса людей и животных, звуки технологических приборов и агрегатов, звуки природных явлений, бытовой шум и т.д. Большую часть звуков человек производит сам при разговорах или пении. Выражая свои эмоции, он использует свой голос. Это и стало в древности предпосылками создания музыкальной грамоты – системы отображения звуков на бумаге.

Перед многими непрофессиональными музыкантами стоит проблема перевода своего вокального и музыкального творчества в партитуры (ноты), соответствующие правилам сольфеджио (нотной грамоты). Автоматическое распознавание звучащих нот при помощи специального программного обеспечения позволило бы ускорить и повысить удобство записи партитур.

В данной работе целью было поставлено сравнение существующих алгоритмов определения частот основного тона с ПО, разрабатываемым на кафедре КИБЭВС.

Задачами сравнения являлись разработка метрик и непосредственно сравнения алгоритма. Сравнения проводились с программами PRAAT и Melodyne как наиболее доступными опциями, работоспособность которых не вызвала затруднения.

Изначально было решено использовать метрики, представленные в источниках [1, 2], однако 2 из 3 сравниваемых программ не представляли возможность разделять выходные данные на кадры. Также, поскольку предметной областью данной работы являются именно ноты, а не звук как таковой, то было решено заменить в метриках правильное определение ЧОТ на неправильное определение ноты. Так как при этом невозможно посчитать частную ошибку ЧОТ и ошибку кадра, данные метрики были отброшены.

Как следствие, были получены следующие метрики:

– ошибка вокализации – отношение секунд, для которых было принято неправильное решение вокализованный/невокализованный участок к длине аудиозаписи;

– ошибка определения ноты – отношение ошибочных нот к количеству нот в аудиозаписи.

Также, поскольку PRAAT в отличие от кафедрального ПО и Melodyne определяет только ЧОТ, но не определяет ноты, то было

решено определить ноту (в данном случае) как отрезок, разница ЧОТ в котором не превышает полутона и длительность которого не меньше 1/16 ноты от данного темпа.

#### Результат сравнения

	Ошибка вокализации, %	Ошибка определения ноты, %
Кафедральное ПО	1,34	20,27
Praat	0,67	14,86
Melodyne	0,16	48,65

С помощью данного сравнения были поставлены следующие задачи, которые позволят усовершенствовать работу программы:

- изменение порогового значения для вокализации;
- улучшение обработки коротких нот;
- расширение обрабатываемого диапазона частот.

Предпоследний пункт обусловлен тем, что большая часть ошибок программы приходилась на глиссандо. Последний пункт получен не в результате сравнения, а является следствием того, что программа определяет ЧОТ только до 400 Гц.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Rabiner L., Cheng M.J., Rosenberg A.E., McGonegal C.A.* A comparative performance study of several pitch detection algorithms // *IEEE Transactions on ASSP.* – 1976. – Vol. 24. – PP. 399–417.
2. *Hess W.J.* Pitch Determination of Speech Signals. – New York: Springer, 1993.

### АЛГОРИТМ «ЛЕТУЧЕЙ МЫШИ» ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ НЕЧЕТКОГО АППРОКСИМАТОРА

**А.В. Власенко, студентка каф. БИС**

*Научный руководитель И.А. Ходашинский, проф. каф. КИБЭВС*

*Томск, ТУСУР, airtone@list.ru*

*Проект ГПО КИБЭВС-1211 «Нечёткие системы»*

Оптимизация представляет собой процесс получения оптимального решения задачи при заданных условиях. Важнейшей задачей оптимизации является сведение к минимуму потерь времени или получение максимальной выгоды от данной технической системы. Все системы, которые должны быть оптимизированы, имеют целевую функцию и несколько переменных, которые влияют на функцию.

Таким образом, методы оптимизации могут быть определены как процесс достижения оптимальных решений, которые удовлетворяют заданной целевой функции [1].

Целью данной работы является реализация работы алгоритма «летучей мыши» [1] для оптимизации нечеткого аппроксиматора.

В данной работе рассматривался нечеткий аппроксиматор.

Нечеткая система может быть представлена как [2]:

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

где  $\mathbf{x}$  – входной вектор;  $\boldsymbol{\theta} = \|\theta_1, \dots, \theta_M\|$  – вектор параметров antecedентов;  $y$  – скалярный выход системы;  $\mathbf{D}$  – вектор параметров consequентов.

В нечеткой системе типа Такаги–Сугено  $i$ -е правило имеет следующий вид:

$$IF \ x_1 = A_{1i} \ AND \ x_2 = A_{2i} \ AND \ \dots \ x_n = A_{ni} \ THEN \ y = d_{0i} + d_{1i}x_1 + \dots + d_{ni}x_n,$$

где  $A_{ij}$  – лингвистический терм, которым оценивается переменная  $x_i$ ;  $y$  – выход задается линейной функцией от входных переменных [3].

Выход нечеткого аппроксиматора типа Такаги–Сугено определяется функцией принадлежности:

$$f(\mathbf{x}, \boldsymbol{\theta}, \mathbf{D}) = \frac{\sum_{i=1}^R \prod_{j=1}^n \mu_{A_{ij}}(x_{ij}) \times (d_{0i} + d_{1i}x_1 + \dots + d_{ni}x_n)}{\sum_{i=1}^R \prod_{j=1}^n \mu_{A_{ij}}(x_{ij})},$$

где  $R$  – число правил;  $n$  – количество входных переменных,  $\mu_{A_{ij}}$  – функция принадлежности  $j$ -й входной переменной.

Пусть имеется таблица наблюдений  $\{(\mathbf{x}_p; t_p), p = 1, \dots, m\}$ , тогда критерий качества аппроксимации

$$MSE(\boldsymbol{\theta}) = \frac{1}{m} \times \sum_{p=1}^m (t_p - f(\mathbf{x}_p, \boldsymbol{\theta}, \mathbf{D}))^2.$$

**Описание алгоритма.** Алгоритм «летучей мыши» (АЛМ) был предложен Янгом в 2010 г. и представляет собой метаэвристический алгоритм роевого интеллекта, основанный на эхолокации летучей мыши [1].

АЛМ подчиняется следующим правилам:

- все летучие мыши используют эхолокацию, чтобы анализировать расстояние, а также иметь различие между едой (добычей) и природными препятствиями;

- летучие мыши перемещаются случайным образом со скоростью  $v_i$  в позицию  $\theta_i$  с частотой  $f_{\min}$ , изменяемой длиной волны и громкостью  $A_0$  для поиска добычи; они могут автоматически регулировать длину волны (или частоту) испускаемого импульса и регулировать его скорость  $r \in [0; 1]$  в зависимости от близости их цели;

- хотя громкость может варьироваться разными способами, мы предполагаем, что громкость изменяется от большого (положительно-го)  $A_0$  до минимального постоянного значения  $A_{\min}$ .

Структура алгоритма:

1. Инициализация популяции летучих мышей:

$$\theta_i = \theta_{\min} + \varphi(\theta_{\max} - \theta_{\min}),$$

где  $i = 1, 2, \dots, N$ ,  $N$  – количество мышей;  $\theta_{\min}$  и  $\theta_{\max}$  – верхние и нижние границы для размерности  $j$  соответственно;  $\varphi \in [0; 1]$  – случайно сгенерированное значение.

2. Генерация частоты, скорости и новых решений:

$$f_i = f_{\min} + \beta(f_{\max} - f_{\min}), \quad v_i^t = v_i^{t-1} + (\theta_i^t - \theta_*)f_i, \quad \theta_i^t = \theta_i^{t-1} + v_i^t,$$

где  $f_i$  – значение частоты, принадлежащей  $i$ -й мыши;  $f_{\max}$  и  $f_{\min}$  – минимальные и максимальные значения частоты соответственно;  $\beta \in [0; 1]$  – случайно сгенерированное значение;  $\theta_*$  – глобальный оптимум (ставший таковым после нахождения лучшего локального решения), полученный после сравнения всех предыдущих значений среды  $N$  летучих мышей;  $v_i^t$  – скорость  $i$ -й летучей мыши на временном шаге  $t$ .

3. Поиск локального значения (решения) в алгоритме:

$$\theta_{\text{nev}} = \theta_* + \varepsilon \bar{A}^t,$$

где  $\bar{A}^t$  – среднее значение громкости всех летучих мышей на временном шаге  $t$ ;  $\varepsilon \in [-1; 1]$  – случайно сгенерированное значение.

4. Понижение громкости и увеличение скорости распространения импульса:

$$A_i^{t+1} = \alpha A_i^t, \quad r_i^{t+1} = r_i^0 (1 - e^{-\gamma t}),$$

где  $\alpha$  и  $\gamma$  – ограничения;  $r_i^0$  – начальное значение скорости импульса  $i$ -й мыши.

**Эксперимент.** Для проверки работы алгоритма оптимизации (далее именуемый как АЛМ), были проведены тесты на наборах данных из репозитория KEEL (<http://www.keel.es>). Проведено и приведено сравнение с результатами работы из публикации [4] в таблице (tra – ошибка  $MSE$  на обучающей выборке, tst – на тестовой):

**Результаты работы алгоритма**

Data	BS		METSK-HD <sup>e</sup>	
	tra	tst	tra	tst
diabetes	0,18	0,24	–	–
quake	0,0179	<b>0,018</b>	0,0171	0,0181
plastic	1,164	1,172	1,057	<b>1,136</b>
dee	0,084	<b>0,085</b>	0,03	0,103
Ele-1	206174	228352	135000	<b>202200</b>

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Yilmaz S.* A New Modification Approach on Bat Algorithm for Solving Optimization Problems / S. Yilmaz, Ecir U. Kucuksille // *Applied Soft Computing.* – 2014. – PP. 1, 4–6, 16.
2. *Ходашинский И.А.* Методика построения компактных и точных нечетких систем типа Такаги–Сугено / И.А. Ходашинский, К.С. Сарин // *Доклады ТУСУРа.* – 2016. – Vol. 19, No. 1. – PP. 50–56.
3. *Ходашинский И.А.* Идентификация нечетких систем на основе непрерывного алгоритма муравьиной колонии // И.А. Ходашинский, П.А. Дудин // *Автометрия.* – 2012. – Т. 48, № 1. – С. 45–71.
4. *Gacto M.J., Galende M., Alcalá R., Herrera F.* METSK-HDe: A multiobjective evolutionary algorithm to learn accurate TSK-fuzzy systems in high-dimensional and large-scale regression problems // *Information Sciences.* – 2014. – Vol. 276. – PP. 63–79.

## СРАВНЕНИЕ ПОПУЛЯРНЫХ АЛГОРИТМОВ ПОСТРОЕНИЯ ДЕРЕВЬЕВ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ЗАДАЧИ КЛАССИФИКАЦИИ

*И.В. Горбунов, ст. науч. сотр. лаб. безопасных биомедицинских технологий ЦТБ*

*Научный руководитель И.А. Ходашинский, проф. каф. КИБЭВС, д.т.н.  
Томск, ТУСУР, noby.Ardor@gmail.com*

В статье представлено сравнение популярных алгоритмов построения деревьев решений. При составлении списка алгоритмов были выбраны алгоритмы, соответствующие следующим требованиям: 1) алгоритм использовался учеными в прикладных задачах за последние 5 лет; 2) алгоритм должен поддерживать работу с входными параметрами, принимающими значение на шкалах действительных чисел, целых чисел и номинальных данных; 3) алгоритм должен составлять дерево решений для задачи классификации данных; 4) алгоритм должен быть реализован в бесплатном или условно бесплатном средстве анализа данных.

Сравниваемые алгоритмы будут оцениваться по следующим критериям: возможность работать с таблицей наблюдения, содержащей только вещественнозначные входные признаки; возможность работать с таблицей наблюдения, содержащей пропущенные значения; точность классификации в процентах на обучающей выборке; точность классификации в процентах на тестовой выборке.

**Описание алгоритмов построения деревьев решений.** Ниже представлено краткое описание алгоритмов построения деревьев решений, удовлетворяющих ранее заданным требованиям.

Алгоритм C4.5 [1] – алгоритм построения деревьев решений по критерию уменьшения «рейтинга» информационной энтропии. При

расчёте «рейтинга» информационной энтропии значения энтропии нормируются с учётом количества разделяемых объектов предлагаемым условием. Для работы с вещественными признаками формируются интервалы по количеству различных значений для входного признака. Включает механизм «отсечений» самых глубоко расположенных условий, т.е. исключение условий, незначительно повышающих точность классификации.

Алгоритм C5 [2] – алгоритм построения деревьев решений по критерию уменьшения «рейтинга» информационной энтропии, является развитием алгоритма C4.5. Предназначен для работы с большим количеством данных. Для работы с вещественными данными используется разделение на равномерные интервалы или интервалы с близким к равному количеству экземпляров, входящих в интервал. Добавлена метрика оценки качества правил (группы условий) на основе сглаживающей метрики Лапласа. Эта метрика позволяет дать ответ, следует ли добавлять условие в правило или нет, что положительно сказывается на компактности дерева решения еще до «отсечения».

Алгоритм Cart (Classification and Regression Tree) [3] – алгоритм построения деревьев решений, основанный на принципе уменьшения количества представителей классов, не являющихся доминирующими в данном листе дерева. Использует метрику разбиения на основе снижения относительных частот представителей каждого класса после введения условия, а также отсекая самые глубокие уровни дерева с наименьшим повышением ошибки классификации.

Алгоритм DT-GA (Hybrid Decision Tree -Genetic Algorithm) [4] – алгоритм построения деревьев решений на основе алгоритмов C4.5 и генетического алгоритма. Алгоритм на первом этапе строит дерево согласно алгоритму C4.5, на втором этапе выделяются «малые» условия, количество экземпляров, соответствующие которым меньше заданного порога. Параметры малых условий подбираются генетическим алгоритмом.

Алгоритм DT-Oblique (Oblique Decision Tree with Evolutionary Learning) [5] – алгоритм построения дерева решений с использованием алгоритма эволюционной стратегии. Главная особенность данного алгоритма в том, что он строит не перпендикулярные осям условия, благодаря тому, что условия для вещественных признаков принимают вид линейных ограничений, коэффициенты которых подбираются алгоритмом эволюционной стратегии.

Алгоритм PUBLIC (PrUning and BuiLding Integrated in Classification) [6] – алгоритм построения деревьев решений, схожий по критериям выбора признаков с Cart. Главная особенность – включение вычисления критерия до добавления каждого нового условия (ветвления в дерево) на основе предыдущего количества ветвлений и

количества оставшихся неверно классифицированных объектов в данной ветке. Согласно критерию решается вопрос, следует ли дальше включать условия в текущую ветку или нет.

Алгоритм SLIQ (Supervised Learning In Quest) [7] – алгоритм построения деревьев решений, работающий на основе метрик, аналогичных CART, однако при реализации использующий предварительную сортировку и индексирование данных и упрощенную версию выбора подмножества номинальных признаков.

Алгоритм Target (Tree Analysis with Randomly Generated and Evolved Trees) [8] – алгоритм построения леса из деревьев решений. Строит множество деревьев решений, в узлах которого линейные функции для вещественных признаков аналогичны алгоритму DT-Oblique, для вещественных признаков используются Байесовские вероятности для предварительного задания условий. Некоторые значения условий заменяются на случайные в различных деревьях, после чего происходит обучение «леса» деревьев на основе эволюционной стратегии с использованием оператора кроссовера.

**Эксперимент и анализ результатов.** Эксперимент по оценке точности классификации деревьев проведен на разделённых на части наборах данных из репозитория KEEL [9] по методу кроссвалидации при соотношении обучающих данных к тестовым как 80% к 20%. Для тестов использованы наборы данных Buра (Bu), Cleveland (Cl), Ecoli (Ec), Glass (Gl), Haberman (Ha), Iris (Ir), Monk-2 (Mo), Newthyroid (Ne), Pima (Pi), Vehicle (Vi), Wine (Wi), Wisconsin (Ws), подробные характеристики наборов данных представлены на сайте [9].

В таблице представлена усреднённая точность классификации на обучающих (tra) и тестовых выборках (tst).

**Точность классификации на деревьях решений**

	C4.5		C5.0		CART		DT-GA		DT-Oblique		Public		SLIQ		Target	
	tra	tst	tra	tst	tra	tst	tra	tst	tra	tst	tra	tst	tra	tst	tra	tst
Bu	83	62	83	63	86	60	77	62	<b>100</b>	<b>63</b>	57	58	93	56	67	62
Cl	83	50	85	51	<b>88</b>	47	–	–	–	–	–	–	–	–	65	<b>57</b>
Ec	90	<b>77</b>	72	71	93	75	87	76	<b>100</b>	75	84	77	–	–	62	63
Gl	91	58	75	<b>72</b>	<b>100</b>	65	78	64	<b>100</b>	67	71	64	–	–	45	45
Ha	76	69	67	60	77	72	77	69	<b>98</b>	66	74	71	–	–	75	<b>73</b>
Ir	98	96	98	<b>96</b>	99	95	98	96	<b>100</b>	94	96	76	88	67	85	86
Mo	93	87	93	<b>87</b>	72	71	81	73	<b>100</b>	78	67	67	–	–	67	67
Ne	98	92	98	93	99	91	95	90	<b>100</b>	<b>96</b>	96	92	95	76	91	88
Pi	84	73	84	<b>73</b>	87	70	81	72	<b>100</b>	68	76	<b>74</b>	86	68	73	71
Vi	90	71	83	<b>72</b>	82	61	<b>77</b>	67	<b>100</b>	71	75	68	–	–	48	47
Wi	98	92	99	91	100	91	98	92	<b>100</b>	92	96	<b>95</b>	94	74	83	84
Ws	98	94	97	94	<b>99</b>	94	–	–	–	–	96	<b>95</b>	–	–	–	–

На основе представленных результатов видно, что алгоритм DT-Oblique дает самые точные результаты на обучающей выборке, однако на большинстве наборов данных это не дает права надеяться на высокую точность на тестовой выборке. Наборы Cleveland и Wisconsin содержат пропущенные значения во входящих данных, поэтому алгоритмы DT-GA, DT-Oblique, Public, SLIQ, не умеющие работать с пропущенными данными не дают результата на этих наборах данных. Эксперимент показал, что алгоритм SLIQ не умеет работать с наборами данных, содержащих только вещественнозначные признаки.

По общему количеству лучших результатов на тестовых наборах данных рекомендуется использовать алгоритм C5, который дает более компактные деревья решений, чем алгоритм C4.5, что часто положительно сказывается на точности тестовых выборок.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 16-37-60051.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Quinlan J.R.* Improved use of continuous attributes in C4.5 // *Journal of Artificial Intelligence Research*. – 1996. – Vol. 4. – PP. 77–90.
2. *Quinlan J.R.* An Informal Tutorial [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rulequest.com/see5-unix.html>, свободный.
3. *Breiman L., Friedman J.H., Olshen R.A., Stone C.J.* Classification and regression trees. – Monterey, CA: Wadsworth & Brooks/Cole Advanced Books & Software, 1984. – 368 p.
4. *Carvalho D.R., Freitas A.A.* A hybrid decision tree/genetic algorithm method for data mining // *Information Sciences*. – 2004. – Vol. 1(163). – PP. 13–35.
5. *Cantú-Paz E., Kamath C.* Inducing oblique decision trees with evolutionary algorithms // *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*. – 2003. – Vol. 1(7). – PP. 54–68.
6. *Rastogi R., Shim K.* PUBLIC: A Decision Tree Classifier that Integrates Building and Pruning // *Data Mining and Knowledge Discovery*. – 2000. – Vol. 4. – PP. 315–344.
7. *Mehta M., Agrawal R., Rissanen J.* SLIQ: A Fast Scalable Classifier for Data Mining // *Proceedings of the 5th International Conference on Extending Database Technology*. – 1996. – PP. 18–32.
8. *Gray J.B., Fan G.* Classification tree analysis using TARGET // *Computational Statistics and Data Analysis*. – 2008. – Vol 3(52). – PP. 1362–1372.
9. *KEEL-dataset-data* set description. Data sets [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://keel.es/category.php?cat=clas>, свободный.

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛГОРИТМА «СЕРОГО ВОЛКА» ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ НЕЧЕТКОГО АППРОКСИМАТОРА

*Д.В. Зарипов, студент каф. КИБЭВС*

*Научный руководитель И.А. Ходаишинский, проф. каф. КИБЭВС*

*Томск, ТУСУР, zdv@keva.tusur.ru*

*Проект ГПО КИБЭВС-1211 «Нечёткие системы»*

Аппроксимация является важным элементом математических расчетов, но часто из-за сложности входных данных применить точные методы очень сложно. Это привело к тому, что нередким стало использование нечетких аппроксиматоров, использующих для оптимизации различные алгоритмы [1].

В данной работе для настройки нечеткого аппроксиматора типа Такаги–Сугено будет использован алгоритм «серого волка».

**Нечёткая система. Описание нечеткой системы типа Такаги–Сугено.** В данной работе мы будем рассматривать построение нечеткой модели на основе таблицы наблюдений. Как указано в публикации [2], нечеткая система может быть представлена как

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

где  $\mathbf{x}$  – входной вектор;  $\boldsymbol{\theta} = \|\theta_1, \dots, \theta_M\|$  – вектор параметров антецедентов;  $y$  – скалярный выход системы;  $\mathbf{D}$  – вектор параметров консеквентов.

Нечеткая система строится на множестве нечетких правил типа «ЕСЛИ – ТО». В нечеткой системе типа Такаги–Сугено  $i$ -е правило имеет следующий вид:

IF  $x_1=A_{1i}$  AND  $x_2=A_{2i}$  AND ... AND  $x_n=A_{ni}$  THEN  $y = d_{0i} + d_{1i}x_1 + \dots + d_{ni}x_n$ ,  
где  $A_{ij}$  – лингвистический терм, которым оценивается переменная  $x_i$ ; выход  $y$  задается линейной функцией от входных переменных [4].

Выход нечеткого аппроксиматора определяется следующим образом:

$$f(\mathbf{x}, \boldsymbol{\theta}, \mathbf{D}) = \sum_{i=1}^R \prod_{j=1}^n \mu_{A_{ij}}(x_{ij}) \times (d_{0i} + d_{1i}x_1 + \dots + d_{ni}x_n) \Big/ \sum_{i=1}^R \prod_{j=1}^n \mu_{A_{ij}}(x_{ij}),$$

где  $R$  – число правил,  $n$  – количество входных переменных.

Пусть имеется таблица наблюдений  $\{(\mathbf{x}_p, t_p), p = 1, \dots, m\}$ , тогда критерий качества аппроксимации может быть выражен среднеквадратической функцией ошибки:

$$MSE(\boldsymbol{\theta}) = \frac{1}{m} \times \sum_{p=1}^m (t_p - f(\mathbf{x}_p, \boldsymbol{\theta}, \mathbf{D}))^2.$$

**Алгоритм оптимизации «Серого Волка».** Наблюдения за охотой стаи серых волков привели к выводу о том, что в стае есть иерар-

хическая зависимость, так, на вершине стоит альфа, бета, гамма и в конце – омега. Остальные могут корректировать движение всей стаи до добычи. На этом и основан метод [3].

На вход алгоритм принимает вектор добычи или место, куда должна попасть стая, и векторы волков стаи. На выходе имеем вектор волка, стоящего наиболее близко к добыче после всех перемещений стаи.

Рассмотрим пошаговую работу алгоритма.

1. Инициализация исходной стаи, а также вектора добычи:

$$\mathbf{x}^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*) - \text{вектор добычи};$$

$$\mathbf{x}_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in}) - \text{вектор волка.}$$

2. Находятся три ближайших к цели волка по алгоритму, близкому к алгоритму Евклида. Наиболее близкий принимается за альфу, за ним бета и гамма.

$$f_{(x_1..x_n)} = \min \left\{ (x_1^* - x_1)^2 + (x_2^* - x_2)^2 + \dots + (x_n^* - x_n)^2 \right\}.$$

3. Вычисляются координаты волка, если он побежит к первым трем волкам.

Вычисляются векторы  $\mathbf{D}_a$ ,  $\mathbf{D}_b$ ,  $\mathbf{D}_d$  и векторы  $\mathbf{X}_1$ ,  $\mathbf{X}_3$ ,  $\mathbf{X}_2$ .

$$\mathbf{D}_a = |\mathbf{C}_1 * \mathbf{X}_a - \mathbf{X}|, \quad \mathbf{D}_b = |\mathbf{C}_2 * \mathbf{X}_b - \mathbf{X}|, \quad \mathbf{D}_d = |\mathbf{C}_3 * \mathbf{X}_d - \mathbf{X}|,$$

$$\mathbf{X}_1 = \mathbf{X}_a - \mathbf{A}_1 * (\mathbf{D}_a), \quad \mathbf{X}_2 = \mathbf{X}_b - \mathbf{A}_2 * (\mathbf{D}_b), \quad \mathbf{X}_3 = \mathbf{X}_d - \mathbf{A}_3 * (\mathbf{D}_d).$$

Векторы  $\mathbf{A}$  и  $\mathbf{C}$  вычисляются:

$$\mathbf{A} = 2\mathbf{a} * \mathbf{r}_1 - \mathbf{a} ; \quad \mathbf{C} = 2 * \mathbf{r}_2 ; \quad \mathbf{a} = 2 - 2 * \left( \frac{\text{Itr}}{\text{Maxitr}} \right).$$

$\mathbf{X}_a$  – вектор альфы;  $\mathbf{X}_b$  – вектор беты;  $\mathbf{X}_d$  – вектор гаммы;  $\mathbf{r}_1$  и  $\mathbf{r}_2$  – генерирующиеся случайным образом векторы с максимальным значением равным единице; Itr – номер итерации (повторения); Maxitr – сколько повторений будет всего.

4. Нахождение новых координат волка посредством среднего арифметического из координат, полученных в прошлом действии:

$$\mathbf{x}(i,1) = \frac{x_1 + x_2 + x_3}{3}.$$

5. Проверка количества итераций, если итераций меньше заданного количества, вернуться к шагу 2. Если количество произведенных итераций совпадает с заданным, то вывести вектор альфы [4].

**Эксперимент.** Эффективность работы нечеткой системы, оптимизированной алгоритмом «серого волка», оценивалась на наборах данных для классификации из репозитория KEEL: appendicitis,

balance, banana, Cleveland, glass, iris, phoneme, pima, ring, sonar, spambase, titanic, twonorm, wine. Результаты сравнивались с результатами работы эволюционными испанскими алгоритмами D-MOFARC, FARC-HD [4].

**Заключение.** Алгоритм «серого волка» показал хорошую работу для оптимизации нечеткой системы на выборках: balance, iris, pima, twonorm, wine. Его показательным отличием является простота реализации и интеграции в нечеткие системы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Леоненков А.В.* Нечёткое моделирование в среде MATLAB и fuzzy TECH. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 736 с.
2. *Ходашинский И.А.* Идентификация нечетких систем: методы и алгоритмы // Проблемы управления. – 2009. – No. 4. – С. 15–23.
3. *Mirjalili S., Lewis A.* Grey Wolf Optimizer //Advances in Engineering Software. – 2014. – No. 69. – PP. 46–61.
4. *Fazzolari M., Alcalá R., Herrera F.* D-MOFARC Classification Algorithm // Applied Soft Computing. – 2014. – No. 24. – PP. 470–481.

#### КЛАСТЕРИЗАЦИЯ АЛГОРИТМОМ «ПРЫГАЮЩИХ ЛЯГУШЕК»

**В.С. Ковалев, М.Б. Бардамова, студенты каф. КИБЭВС**  
*Научный руководитель И.А. Ходашинский, проф. каф. КИБЭВС, д.т.н.*  
*Томск, ТУСУР, vitaly\_979@mail.ru*  
*Проект ГПО КИБЭВС-1404 «Нечеткие классификаторы*  
*обнаружения вторжений»*

Кластеризация применяется в различных сферах человеческой деятельности для анализа данных, извлечения и поиска информации, группировки объектов и их распознавания. Во многих прикладных задачах измерить степень сходства объектов зачастую оказывается существенно проще, чем сформулировать признаковые описания. Кластеризация – это задача разбиения множества объектов на группы, называемые кластерами. В результате кластерного анализа внутри каждой сформированной группы должны оказаться схожие по каким-либо характеристикам объекты, причем объекты разных групп должны быть как можно более отличимыми друг от друга. Главное отличие кластеризации от классификации состоит в том, что перечень групп явно не задан и определяется в процессе работы алгоритма. Кластеризация является описательной процедурой, т.е. она не делает никаких статистических выводов, но при этом дает возможность провести предварительный анализ и изучить структуру данных.

**Алгоритм  $k$ -средних.** Одним из самых известных алгоритмов кластеризации является алгоритм  $k$ -средних ( $k$ -means), он разбивает множество элементов векторного пространства на заданное число кластеров  $k$  [2].

В начале работы алгоритма выбираются  $k$  случайных точек. Эти точки играют роль центров кластеров: каждая точка будет отнесена к тому кластеру, расстояние до центра которого минимально. После этого выполняются итерации: в качестве нового центра кластера выбирается среднее арифметическое всех точек, попавших в этот кластер, и обновляются метки кластеров для точек в зависимости от их близости к новым центрам кластеров. Итерации выполняются, пока не будет получен удовлетворительный результат.

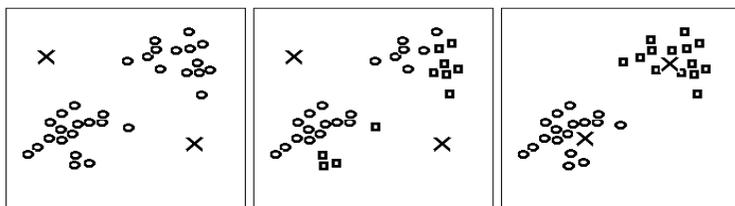


Рис. 1. Принцип работы алгоритма кластеризации методом  $k$ -средних

**Алгоритм «прыгающих лягушек».** Алгоритм прыгающих лягушек» (Frog Leaping Algorithm, далее – АПЛ) является метаэвристическим алгоритмом, основанным на поведении лягушек в процессе поиска безопасной среды обитания. Основой алгоритма является комбинирование локального поиска в пределах каждого из мемеплексов [4] и глобального поиска путем обмена информацией о положениях лучших агентов этих мемеплексов и определения на этой основе глобально лучшего агента.

АПЛ позволит решить проблему центров масс кластера. В классическом варианте алгоритма  $k$ -средних используется случайное распределение центров масс кластеров, что очень часто является источником погрешности. Таким образом, результатом работы АПЛ будет обновление расположения на каждой итерации центров масс, что даст возможность получить лучшее решение.

Для определения эффективности работы алгоритма  $k$ -средних вместе с АПЛ будем использовать показатель точности классификации данных нечетким классификатором, лингвистические термы которого будут строиться на основе кластеров.

Результаты совместной работы двух алгоритмов сравним с работой «чистого» алгоритма кластеризации  $k$ -средних для проверки гипотезы

тезы об улучшении результатов кластеризации при использовании оптимизирующего АПЛ.

Основными проблемами данной работы являются адаптация алгоритма «прыгающих лягушек» для оптимизации  $k$ -средних и подбор оптимального количества кластеров для каждого набора данных.

**Эксперимент.** В качестве наборов данных для тестирования использованы наборы данных KEEL ([www.keel.es](http://www.keel.es)) (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

**Описание наборов данных**

Набор данных	Vupa	GLass	Pima
Количество признаков	6	9	8
Количество экземпляров	345	214	768
Количество классов	2	7	2

В результате экспериментов были установлены параметры АПЛ: количество глобальных итераций = 20, локальных итераций = 5, меплексов = 10, лягушек = 4.

В табл. 2 представлена точность классификации, получаемая нечетким классификатором при генерации лингвистических термов, построенных на алгоритме  $k$ -средних, оптимизируемом АПЛ, и на  $k$ -средних без оптимизации.

Т а б л и ц а 2

**Точность классификации данных**

Количество кластеров	$k$ -средних + FLA		$k$ -средних	
	Обучающая	Тестовая	Обучающая	Тестовая
Vupa				
2	45,21	<b>55,21</b>	51,16	51,61
4	57,97	<b>57,97</b>	44,64	44,64
6	51,31	51,31	52,46	<b>52,46</b>
Pima				
2	65,11	<b>65,11</b>	40,46	40,74
3	35,81	35,81	46,82	<b>46,825</b>
4	65,23	<b>65,23</b>	52,46	52,46
5	67,35	<b>67,35</b>	49,47	47,47
Glass				
7	16,53	19,37	20,91	<b>23,84</b>
8	51,52	<b>52,28</b>	30,34	30,37
9	58,01	<b>58,45</b>	27,11	27,11
10	44,81	<b>44,81</b>	32,71	32,71

Как видно из приведенных выше таблиц, оптимизация алгоритма кластеризации  $k$ -средних с помощью АПЛ может дать существенное улучшение точности классификации данных.

**Заключение.** Метаэвристический алгоритм «прыгающих лягушек» может применяться для оптимизации положения центров масс кластеров, определяемых алгоритмом кластеризации  $k$ -средних. Важным параметром, от которого зависит дальнейшая точность классификации, является количество кластеров.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Воронцов К.В.* Алгоритмы кластеризации и многомерного шкалирования: курс лекций. – М.: МГУ, 2007.
2. *Jain A., Murty M., Flynn P.* Data Clustering: A Review // ACM Computing Surveys. – 1999. – Vol. 31, no. 3.
3. *Naverniouk I.* Multiobjective Graph Clustering with Variable Neighbourhood Descent // A thesis submitted in partial fulfilment of the requirements. – 2005.
4. *Narimani M.R.* A New Modified Shuffle Frog Leaping Algorithm for NonSmooth Economic Dispath // World Applied Sciences Journal. – 2011. – PP. 803–814.

### ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ НЕЧЕТКОГО АППРОКСИМАТОРА НА ОСНОВЕ АЛГОРИТМА КРЕАТИВНОГО ОБУЧЕНИЯ

*П.А. Ковчунов, студент каф. КИБЭВС*

*Научный руководитель И.А. Ходашинский, проф. каф. КИБЭВС, д.т.н.  
Томск, ТУСУР, peter\_kovchunov@mail.ru*

*Проект ГПО КИБЭВС-1211 «Нечеткие системы»*

Нечеткие системы давно и успешно применяются в таких проблемных областях, как классификация, аппроксимация, интеллектуальный анализ данных.

Целью работы является реализация метаэвристического алгоритма креативного обучения (СООА) [1] для оптимизации нечеткого аппроксиматора типа Такаги–Сугено и сравнение результатов с результатами других алгоритмов [2] на наборах данных KEEL.

Построение нечеткой системы осуществляется на основе таблицы наблюдений:

$$\mathbf{T} = \{t_1, t_2, \dots, t_M\},$$

где  $t_k = (\mathbf{x}_k, \mathbf{y}_k)$  – строка таблицы наблюдений;  $\mathbf{x}_k = (x_1, x_2, \dots, x_n)$  – вектор значений входных переменных;  $\mathbf{y}_k$  – выходное значение;  $M$  – число наблюдений;  $n$  – число входных переменных.

На основе таблицы наблюдений на области определения каждой входной переменной формируются нечеткие термы.

Исходя из разбиения переменных на нечеткие термы, формируется база правил нечеткой системы. Нечеткое правило в нечеткой системе типа Такаги–Сугено имеет вид

ЕСЛИ  $x_1=A_{1i}$  И  $x_2=A_{2i}$  И ... И  $x_n=A_{ni}$  ТО  $y = d_{0i} + d_{1i}x_1 + \dots + d_{ni}x_n$ ,  
 где  $A_{ij}$  – терм;  $x_i$  – входная переменная;  $d_i$  – число, которым оценивается выход  $y$ ;  $d_{0i} + d_{1i}x_1 + \dots + d_{ni}x_n$  – линейная функция от входных переменных [3].

Нечеткий аппроксиматор может быть представлен как

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

где  $\mathbf{x}$  – входной вектор;  $\boldsymbol{\theta}$  – вектор параметров антецедентов;  $y$  – скалярный выход системы;  $\mathbf{r}$  – вектор параметров консеквентов. В качестве численного критерия адекватности модели используется среднеквадратическая функция ошибки, вычисляющаяся по формуле

$$\text{MSE}(\boldsymbol{\theta}) = \frac{\sum_{p=1}^m (t_p - f(\mathbf{x}_p, \boldsymbol{\theta}, \mathbf{r}))^2}{2 \times M}.$$

**Описание алгоритма.** Алгоритм креативного обучения – это метаэвристический алгоритм поиска, который предложили Xiang Feng, Ru Zou и Huiqun Yu в 2014 г. Алгоритм моделирует мышление человека в процессе решения им прикладной задачи. Предполагается, что мы найдем такую идею-вектор, фитнес-функция от которой будет всегда меньше либо равна фитнес-функции от любого другого вектора (рассматриваем задачу глобальной минимизации).

Рассмотрим алгоритм подробнее.

Сначала генерируется популяция  $\boldsymbol{\theta}$  (идеи), после этого положение каждой идеи рассчитывается по формулам:

$$\mathbf{M}_{i,j} = \begin{cases} 0, & \text{если } i = j, \\ \frac{\text{MSE}(\boldsymbol{\theta}_j) - \text{MSE}(\boldsymbol{\theta}_i)}{|\text{MSE}(\boldsymbol{\theta}_j)|}, & \text{если } i \neq j, \end{cases}$$

$$\alpha_{i,j} = \frac{\mathbf{M}_{i,j}}{\sum_{i=1}^n |\mathbf{M}_{i,j}|},$$

$$\mathbf{U}_i = \begin{cases} \boldsymbol{\theta}_a + \alpha_{a,i} \times (\boldsymbol{\theta}_a - \boldsymbol{\theta}_i) + (\alpha_{b,i} - \alpha_{r,i}) \times (\boldsymbol{\theta}_b - \boldsymbol{\theta}_r), & \text{если } \alpha_{a,i} > 0, \\ \boldsymbol{\theta}_i + \alpha_{a,i} \times (\boldsymbol{\theta}_a - \boldsymbol{\theta}_i) + (\alpha_{b,i} - \alpha_{r,i}) \times (\boldsymbol{\theta}_b - \boldsymbol{\theta}_r), & \text{иначе} \end{cases}$$

$$\boldsymbol{\theta}_i = \begin{cases} \mathbf{U}_i, & \text{если } \text{MCE}(\mathbf{U}_i) < \text{MCE}(\boldsymbol{\theta}_i), \\ \boldsymbol{\theta}_i, & \text{иначе} \end{cases}$$

$$\boldsymbol{\theta}'_i = \boldsymbol{\theta}_i + \Delta\boldsymbol{\theta}_i,$$

где  $\boldsymbol{\theta}_i$  – элемент популяции, обрабатываемый в данный момент;  $\Delta\boldsymbol{\theta}_i$  – случайно выбранное число, такое что  $\mathbf{M}(\Delta\boldsymbol{\theta}_i) = 0$ ,  $\mathbf{D}(\Delta\boldsymbol{\theta}_i) = \sigma^2$  (задается

при инициализации);  $\mathbf{M}$  – вспомогательная матрица;  $\alpha$  – матрица влияния идей друг на друга, рассчитанная как нормированные значения матрицы  $\mathbf{M}$ ;  $\theta_a, \theta_b, \theta_r$  – случайно выбранные опорные элементы популяции, не равные  $\theta$ ;  $\mathbf{U}_i$  – вектор, созданный на основе исходного вектора  $\theta_i$  и трех опорных  $\theta_a, \theta_b$  и  $\theta_r$ ;  $\text{MSE}(\theta_i)$  – критерий адекватности модели.

Если итерация не последняя, то частицы сортируются и снова рассчитываются их положения.

После выполнения условия останова частицы сортируются и возвращается лучшее решение.

**Полученные результаты.** Для проведения тестирования работы алгоритма были выбраны следующие наборы данных из репозитория KEEL: plastic, ele-2, delta-ail, dee, quake. Размер популяции был равен 50, количество итераций – 150. После тестирования было проведено сравнение полученных результатов с результатами работы других эволюционных алгоритмов ANFIS-SUB и METSK-HD (таблица), где trn – обучающая выборка, test – тестовая.

**Сравнение результатов работы алгоритмов**

Data	ANFIS-SUB		METSK-HD		COOA	
	trn	test	trn	test	trn	test
dee	3087	2083	0,030	0,103	0,0717	<b>0,0755</b>
delail	0,973	1,484	1,190	<b>1,402</b>	1,879	1,662
ele-2	8208	8525	2270	<b>3192</b>	14615	13027
pla	1,011	1,504	1,057	<b>1,136</b>	1,106	1,303
quake	0,016	0,018	0,017	0,018	0,018	<b>0,017</b>

**Закключение.** Был сделан вывод, что полученные результаты лучше результатов работы одних алгоритмов и сравнимы с результатами других. Дальнейшее улучшение возможно при изменении параметров алгоритма, и особенно использования матрицы влияния, а также подбора количества точек и итераций относительно данных, над которыми ведется работа.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Xiang Feng, Ru Zou, Huiqun Yu. A novel optimization algorithm inspired by the creative thinking process // Springer-Verlag. – Berlin; Heidelberg, 2014. – С. 1–12.
2. Gacto M.J., Galende M., Alcalá R., Herrera F. METSK-HD: A multiobjective evolutionary algorithm to learn accurate TSK-fuzzy systems in high-dimensional and large-scale regression problems // Information Sciences. – 2014. – Vol. 276. – PP. 63–79.
3. Ходашинский И.А. Идентификация нечетких систем: методы и алгоритмы // Проблемы управления. – 2009. – № 4. – С. 15–23.

## ДЕТЕКТИРОВАНИЕ ПАТОЛОГИЙ ТУБЕРКУЛЕЗА ЛЕГКИХ ПО ДАННЫМ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ

*К.А. Костин, аспирант каф. ПИ*

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

*Томск, НИ ТПУ, kak@tpu.ru*

Согласно данным Всемирной организации здоровья 4 из 10 наиболее распространенных заболеваний, влекущих за собой смерть человека, связаны с легкими. Помимо рака легких, трахеи и бронхов, среди этих заболеваний находится туберкулез [1]. Туберкулез наиболее распространен в Азии (61% новых случаев в 2015 г.) и Африке (26% новых случаев в 2015 г.), лидирующими по заболеваемости являются развивающиеся страны [2]. Россия относится к странам, на долю которых приходится более 80% случаев заболевания туберкулезом в мире, что делает эту болезнь одной из опасных в мире [3].

В настоящее время традиционная диагностика, при которой снимки компьютерной томографии легких последовательно просматриваются специалистом, которому зачастую бывает сложно детектировать мельчайшие изменения в структуре тканей, для выделения патологий, позволяет выявить заболевание только на сравнительно поздних стадиях, что значительно снижает эффективность лечения [4].

На данный момент, несмотря на то, что системы для помощи в постановке диагноза по результатам анализов и исследований [5], по локализации новообразований [6], по поиску патологий [7] уже разрабатываются, проблема постановки диагноза по получаемым результатам еще очень далека от разрешения.

Целью данной работы является разработка математического и программного аппарата для повышения эффективности диагностики различных форм туберкулеза легких путем автоматического детектирования патологических образований на снимках компьютерной томографии.

Для проведения исследования были взяты неперсонифицированные данные, представляющие собой снимки компьютерной томографии пациентов с установленной формой туберкулеза: фиброзно-кавернозная форма и туберкуломы. Примеры снимков представлены на рис. 1.

Задача сегментации областей легких решается в несколько этапов. На первом этапе (фильтрация) производится шумоподавление с помощью медианной фильтрации для того, чтобы убрать мелкие области с высоким уровнем интенсивности внутри области плотных тканей тела пациента и за пределами тела. Затем выделяются регионы

с высокой проницаемостью (воздух вокруг тела, легкие, бронхи, трахея) и низкой проницаемостью (плотные ткани человека, крупные части вне тела пациента) с помощью пороговой фильтрации. Примеры результатов данного этапа представлены на рис. 1.

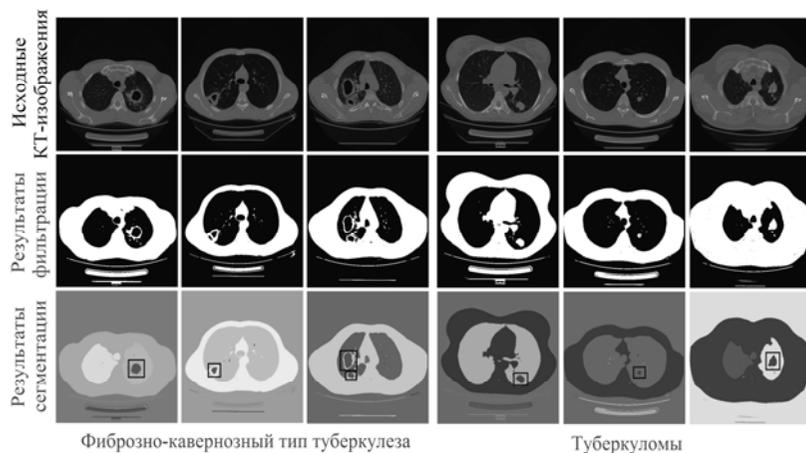


Рис. 1. Примеры исходных данных и результатов обработки на различных этапах алгоритма

На втором этапе (сегментация) производится выделение трехмерных регионов, представляющих собой области воздуха, тела, легких, патологий или артефактов за пределами тела пациента. Для реализации этого на основе карты интенсивностей после пороговой фильтрации формируется карта регионов, в которой каждый пиксель ассоциируется с идентификатором региона, к которому он принадлежит. Идентификатор пикселя определяется по формуле (1):

$$Id_{xy} = x * W + y, \quad (1)$$

где  $x$  и  $y$  – координаты пикселя на снимке,  $W$  – ширина карты. Исходные значения идентификаторов регионов соответствуют идентификаторам пикселей.

Затем производится анализ изменения проницаемости среды в вертикальном и горизонтальном направлениях (формируются две новые карты): если при перемещении в одном из направлений рядом стоящий пиксель имеет ту же интенсивность, что и текущий, то его идентификатор региона берется как наименьший из идентификаторов уже просмотренных пикселей.

На основе полученных карт регионов строятся две матрицы максимальных и минимальных значений идентификаторов регионов, ас-

социированных с пикселями. На основе данных матриц строится граф принадлежности пикселей регионам. Каждый регион представляет собой узел графа, родительской вершиной которого является минимальный идентификатор пикселей региона. Определение родительской вершины производится рекурсивно путем прохода по всей карте интенсивностей снимка. Дочерними вершинами графа являются идентификаторы просмотренных пикселей, относящихся к данному региону. Для получения трехмерной карты регионов процедура построения графа повторяется для соседних регионов соседних снимков в наборе. Результатом сегментации является трехмерная карта регионов.

В качестве патологических образований выбираются регионы:

– со значениями интенсивности ниже порога внутри области легкого, окруженные регионом с интенсивностью выше порога для каверн (фиброзно-кавернозный тип);

– со значениями интенсивности больше порога внутри области легкого диаметром более 1 см для туберкулом.

Примеры обнаруженных патологий выделены рамками на рис. 1.

Результатом исследования является метод детектирования патологических образований на снимках компьютерной томографии легких, позволяющий диагностировать различные формы туберкулеза. В дальнейшем планируется повысить точность сегментации путем учета положений ребер на снимках, а также выделить признаки для детектирования патологий других известных форм туберкулеза легких.

Данные для исследования предоставлены Национальной академией наук Белоруссии. Исследование поддержано грантом Российского фонда фундаментальных исследований № 16-47-700289 p\_a.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Global Health Statistic 2016: Monitoring health for the SDGs*. Global Health Observatory (GHO) data / World Health Organization. – 2016. – URL: [http://www.who.int/gho/publications/world\\_health\\_statistics/2016/Annex\\_B/en/](http://www.who.int/gho/publications/world_health_statistics/2016/Annex_B/en/) (дата обращения: 28.02.2017).

2. *Туберкулез*. Информационный бюллетень. Центр СМИ / Всемирная организация здравоохранения. – 2016. – URL: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs104/ru/>

3. *Туберкулез*. Основные характеристики Российской Федерации / Всемирная организация здравоохранения. – 2016. – URL: <http://www.who.int/countries/rus/ru/>

4. *Lin C., Hsieh M. The Application of 4D CT Images // Radiotherapy for Lung Tumors Therapeutic Radiology and Oncology*. – 2011. – № 18(2). – PP. 149–156.

5. *Nishino M., Lee K.S. The spectrum of pulmonary sarcoidosis: Variations of high-resolution CT findings and clues for specific diagnosis // Teleradiology. European Journal of Radiology*. – 2010. – № 73(1). – PP. 66–73.

6. *Louie A., Senan S. Stereotactic Ablative Radiation Therapy for Subcentimeter Lung Tumors: Clinical, Dosimetric, and Image Guidance Considerations // International Journal of Radiation Oncology, Biology, Physics. – 2014. – № 90(4). – PP. 843–849.*

7. *Tsou C.-H., Lor K.-L. Anatomy packing with hierarchical segments: an algorithm for segmentation of pulmonary nodules in CT images. – London: BioMed Central United Kingdom, 2015. – 140 p.*

**РАЗРАБОТКА БИБЛИОТЕКИ ПО РАБОТЕ  
С ПРОИЗВОДЯЩИМИ ФУНКЦИЯМИ  
В МАТЕМАТИЧЕСКОМ ПАКЕТЕ «МАТЕМАТИКА»**

*В.С. Мельман, студент каф. БИС;*

*Ю.В. Шабля, аспирант; Д.В. Кручинин, м.н.с. каф. КИБЭВС*

*Томск, ТУСУР, vadiatylman@yandex.ru*

Производящей функцией называется формальный степенной ряд [1, 2]. Производящие функции нашли широкое применение в комбинаторном анализе. Если на производящую функцию наложить условие сходимости, то она будет являться рядом Тейлора [3]. Наибольшее применение степенные ряды нашли в численных методах: для приближённого вычисления значений функций, определённых интегралов, решения дифференциальных уравнений, в интерполяции и аппроксимации.

Одной из проблем, связанной с использованием степенных рядов, на практике является большая вычислительная сложность алгоритмов нахождения коэффициентов при степенях  $x$ .

В работах [4, 5] был предложен новый метод нахождения коэффициентов производящих функций, основанный на композитах, который в дальнейшем может быть использован для нахождения коэффициентов степенных рядов. Композита – это коэффициенты степеней производящих функций [4]. Таким образом, определяя формулы нахождения композит для основных операций с производящими функциями и композиты для простейших производящих функций, получены формулы для нахождения коэффициентов сложных производящих функций.

Целью данной работы является исследование нового метода нахождения коэффициентов производящих функций путём создания библиотеки для математического пакета и проведение сравнения нового метода с существующими на практике.

На основе проведенного сравнительного анализа математических пакетов библиотеку для исследования нового метода было решено реализовать для математического пакета «Mathematica», который яв-

ляется одним из лидеров на рынке прикладных математических пакетов, имеет огромный функционал, большую методическую поддержку для проведения исследований [6].

На первом этапе реализации библиотеки по работе с производящими функциями была построена функциональная модель процесса вычисления коэффициентов производящих функций [7]. Согласно этой модели пользователь декомпозирует производящую функцию на простейшие функции и операции над ними и далее формирует запрос, состоящий из содержащихся в библиотеке простейших производящих функций и операций над ними.

Таким образом, видно, что библиотека является базой, которая содержит композиты простейших производящих функций и правила для вычисления композит сложных функций.

Для реализации таких библиотек в «Mathematica» есть специальный инструмент – Package [8]. Он представляет файл расширения .m, все функции и правила вычисления в этом файле должны быть написаны на языке Wolfram Language.

В работе [5] представлены формулы для нахождения более 100 композит простейших производящих функций: полиномов, рациональных, тригонометрических, гиперболических, логарифмических, экспоненциальных функций, радикалов; а также правила для вычисления коэффициентов композиций, суммы, произведения, возведения в степень производящих функций, получение коэффициентов обратной производящей функции.

Все эти функции и правила реализованы в виде библиотеки для «Mathematica». Кроме самих функций, в библиотеке реализованы описания функций. На рис. 1 приведён пример функции, которая вычисляет коэффициенты композиты для функции  $\sin(x)$ , а на рис. 2 представлена функция, которая вычисляет коэффициенты ряда Тейлора для заданной функции для  $n$  членов ряда.

```
CompositaSin::usage:= "f(x)=sin(x); вычисляет коэффициент при x
                        для n-ого члена k-ой степени";
CompositaSin[n_,k_]:= If[ OddQ[n+k], 0, 1/2^(k-1)*Sum[(-1)^(Floor[n/2]+
Floor[k/2]-i)*Binomial[k,i]*(k-2*i)^n/n!,{i,0,Floor[k/2]}]]];
```

Рис. 1. Функция для вычисления композиты  $\sin(x)$

```
CompositaPrintT::usage:= "CompositaPrintT[F,n]
                        Вычисляет коэффициенты ряда Тейлора
                        для заданной функции F для n членов ряда";
CompositaPrintT[CF_,n_]:=Block[{Mas}, Mas=Table[,{i,0,n-1}];
For[ j=1, j<=n, j++, Mas[[j]]=CF[j,1]]; Print[Mas]]];
```

Рис. 2. Функция для вычисления коэффициентов ряда Тейлора

На рис. 3 представлен пример работы с данными функциями и его сравнение с встроенной в «Mathematica» функцией для вычисления коэффициентов ряда Тейлора. Из этого рисунка видно, что вычисленные по новому методу коэффициенты ряда Тейлора совпадают с коэффициентами, вычисленными при помощи встроенной в «Mathematica» функции.

```
In[4557]:= CompositaPrintT[CompositaSin, 12]
{1, 0, -1/6, 0, 1/120, 0, -1/5040, 0, 1/362880, 0, -1/39916800, 0}

In[4558]:= Series[Sin[x], {x, 0, 12}]
|разло... |синус
Out[4558]:= x - x^3/6 + x^5/120 - x^7/5040 + x^9/362880 - x^11/39916800 + O[x]^13
```

Рис. 3. Сравнение работы функций

В дальнейшем планируется произвести сравнительный анализ нового метода с методами, встроенными в «Mathematica», для определения более эффективного.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках базовой части государственного задания ТУСУР на 2017–2019 гг. (проект №2.8172.2017/БЧ).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ландо С.К. Лекции о производящих функциях. – 3-е изд., испр. – М.: МЦНМО, 2007. – 144 с.
2. Wilf H.S. Generatingfunctionology. – Boston: Academic Press, 1994. – 226 p.
3. Матяш В.И. Ряды: курс лекций. Расчётно-графическая работа: учеб. пособие. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: МГТУ, 2007. – 151 с.
4. Кручинин В.В. Комбинаторика композиций и её приложения. – Томск: В-Спектр, 2010. – 156 с.
5. Кручинин В.В. Степени производящих функций и их применение / В.В. Кручинин, Д.В. Кручинин. – Томск: Изд-во Том. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники, 2013. – 236 с.
6. Официальный сайт Mathematica [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.wolfram.com](http://www.wolfram.com) (дата обращения: 28.02.2017).
7. Мельман В.С., Кручинин Д.В., Шабля Ю.В. Моделирование процесса вычисления коэффициентов производящих функций // Научный альманах. – Тамбов: ООО «Консалтинговая компания Юком», 2016. – № 12-2 (26). – С. 220–224.
8. Mathematica Development User Guide [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://reference.wolfram.com/workbench/index.jsp?topic=/com.wolfram.eclipse.help/html/tasks/applications/packages.html> (дата обращения: 28.02.2017).

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ СЛОЖНОСТЬ АЛГОРИТМА ОБЕЗЬЯН

*С.С. Самсонов, студент каф. КИБЭВС*

*Научный руководитель И.А. Ходашинский, проф. каф. КИБЭВС, д.т.н.  
Томск, ТУСУР*

*Проект ГПО КИБЭВС-1211 «Нечёткие системы»*

Многие задачи, возникающие в таких фундаментальных науках, как физика, химия и молекулярная биология, а также во многих прикладных науках, сводятся к задачам непрерывной глобальной оптимизации. Особенности таких задач часто являются нелинейность, недифференцируемость, многоэкстремальность, овражность, отсутствие аналитического выражения и высокая вычислительная сложность оптимизируемых функций, высокая размерность пространства поиска, сложная топология области допустимых значений и т.д.

Для эффективного решения указанных задач в 80-х гг. прошлого века начали интенсивно разрабатывать стохастические поисковые алгоритмы оптимизации. В данной работе мы рассмотрим один из представителей класса алгоритмов, называемых поведенческими, интеллектуальными, метаэвристическими, вдохновленными (инспирированными) природой, – алгоритм обезьян [1].

**Эксперимент.** Целью данной работы является вычисление экспериментальной сложности алгоритма обезьян [2] и нахождение оптимальных параметров набора данных при оптимизации нечеткого классификатора [3]. Для этого были взяты наборы данных из репозитория KEEL (<http://www.keel.es>). Описание этих наборов представлено в табл. 1. Выбранные наборы были обработаны и разделены таким образом, чтобы каждый содержал только определенное количество записей из таблицы наблюдений для одного класса. Количество записей для каждого класса варьировалось от 5 до 1500. Структура формирования базы правил основывается на экстремумах значений в таблице наблюдений.

Таблица 1

### Информация о выбранных наборах данных

Название	Кол-во параметров	Объем набора	Кол-во классов
Banana	2	5300	2
Phoneme	5	5404	2
Twonorm	20	7400	2
Ring	20	7400	2
Spambase	57	4597	2

После получения множества наборов данных с различными объемами производилась оптимизация данного набора данных с исполь-

зованием алгоритма обезьян. Параметры алгоритма оставались неизменными для любого алгоритма. В табл. 2 показаны результаты времени оптимизации.

Таблица 2

**Результаты**

Объем набора данных	Набор данных				
	Twonorm	Ring	Phoneme	Banana	Spambase
5	2,67	2,62	2,79	2,67	3,07
10	2,76	3,25	2,80	2,75	3,19
20	2,97	3,46	2,96	2,83	3,23
30	2,98	3,08	3,01	2,98	3,44
40	3,30	3,03	3,33	3,06	3,51
50	3,61	2,74	3,27	2,99	3,59
60	3,67	2,85	3,11	2,99	4,19
80	4,20	3,25	3,11	3,34	4,69
100	4,21	3,65	2,80	3,21	5,31
150	4,66	5,12	3,06	3,28	6,78
200	5,82	6,84	3,65	2,98	8,37
250	6,62	6,86	3,36	2,94	9,64
300	7,84	7,50	3,80	2,94	11,03
500	12,15	11,70	5,31	3,18	19,02
1000	29,90	24,10	8,05	4,92	34,50
1500	56,30	39,20	11,14	6,68	73,30

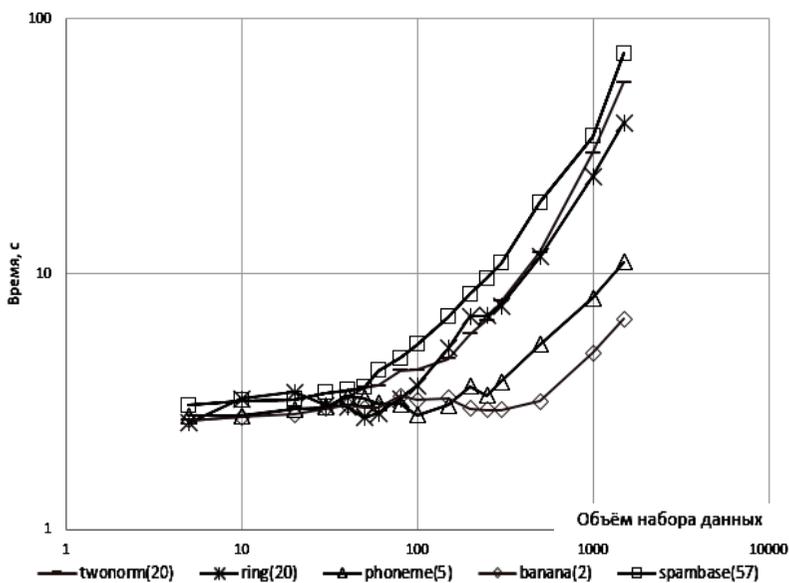


Рис. 1. Зависимость времени оптимизации от объема набора данных

С увеличением объёма выборки время оптимизации растёт экспоненциально. Следует заметить, что для выборки с малым количеством признаков (phoneme, banana) увеличение её объёма даёт гораздо меньшее увеличение по времени, чем для выборки с большим количеством признаков (spambase).

**Заключение.** В результате данной работы можно сделать вывод о том, что при использовании алгоритма обезьян для оптимизации нечеткого классификатора наборов данных с малым количеством признаков (2–5) объём набора влияет в меньшей степени и объём выборки может достигать до очень больших размеров (1000–2000 записей) без особых потерь ко времени работы. Для выборок со средним количеством признаков (10–20) оптимальным считается размер выборки в 500–1000. Для выборки с большим количеством признаков оптимальным считается объём в пределах от 250–300 записей.

Исследование выполнено в рамках базовой части государственного задания Министерства образования и науки Российской Федерации на 2017–2019 гг. Номер 8.9628.2017/БЧ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Карпенко А.П.* Популяционные алгоритмы глобальной поисковой оптимизации. Обзор новых и малоизвестных алгоритмов // Информационные технологии. – 2012. – №7. – С. 1–3.
2. *Zhao R., Tang W.* Monkey Algorithm for Global Numerical Optimization // Journal of Uncertain Systems. – 2008. – Vol. 2. – PP. 165–176.
3. *Ходашинский И.А., Горбунов И.В.* Построения нечетких классификаторов на основе алгоритма пчелиной колонии // Автоматрия. – 2012. – Т. 48, № 1. – С. 45–71.

### ГЕНЕРАЦИЯ НАЧАЛЬНОЙ БАЗЫ НЕЧЕТКОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ АЛГОРИТМА DBSCAN

*М.О. Светлаков, студент каф. КИБЭВС*

*Научный руководитель И.А. Ходашинский, проф. каф. КИБЭВС, д.т.н.  
Томск, ТУСУР, rvvincl@gmail.com*

*Проект ГПО каф. КИБЭВС-1211 «Нечеткие системы»*

В задачах классификации объектов, которые часто встречаются в различных сферах экспертно-аналитической деятельности, исходные данные чаще всего являются ненадежными и слабо формализованными, в связи с чем возможно применение аппарата нечетких множеств и нечеткой логики [1]. Проблема классификации решается с помощью нечеткого моделирования, а именно построения нечеткого классификатора на основе правил ЕСЛИ – ТО. База правил нечеткого класси-

фикатора сначала создается по определенному алгоритму, затем оптимизируется, стремясь при этом к минимальной ошибке на обучающих данных. Создание начальной базы правил производится с помощью алгоритма кластеризации DBSCAN.

**Описание нечеткой системы.** В данной работе рассматривается нечеткий классификатор, описывающий предполагаемые кластеры нечетким прототипом, размерность которого определена размерностью пространства исследуемых данных [2]. Таким образом,  $i$ -й кластер определяется нечетким правилом следующего вида:

$$R_{ij}: \text{ЕСЛИ } x_1 = A_{1i} \text{ И } x_2 = A_{2i} \text{ И } \dots \text{ И } x_n = A_{ni} \text{ ТО class} = c_j,$$

где  $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n)$  – вектор признаков классифицируемого объекта;  $A_{ki}$  – нечеткий терм, характеризующий  $k$ -й признак в  $i$ -м правиле ( $i \in [1, R]$ ),  $R$  – число правил;  $c_j$  – метка  $j$ -го класса ( $j \in [1, m]$ ).

В процессе нечеткой классификации объект относится к каждому классу с определенной степенью принадлежности, равной:

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

Выходом классификатора является метка класса, определяемая следующим образом:

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

Нечеткий классификатор может быть представлен функцией вида  $c = f(\mathbf{x}, \boldsymbol{\theta})$ , где  $\boldsymbol{\theta}$  – вектор, описывающий базу правил ( $\boldsymbol{\theta} = (\theta_{1,1}^1, \dots, \theta_{i,j}^p, \dots, \theta_{3,3}^n, c_1, \dots, c_n)$ ),  $\theta_{i,j}^p$  –  $i$ -й параметр  $j$ -го термина  $p$ -й переменной).

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

$$\text{delta}(p, \boldsymbol{\theta}) = \begin{cases} 1, & \text{если } \mathbf{c}_p = f(\mathbf{X}_p, \boldsymbol{\theta}), \\ 0, & \text{иначе} \end{cases} \quad p = \overline{1, z}.$$

Численный критерий классификации выражается следующим образом:

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

**Генерация начальной базы правил.** Считая, что  $i$ -й кластер обучающих данных определяет нечеткое правило классификатора, существует возможность определить структуру начальной базы правил  $\boldsymbol{\theta}_0$  и задать параметры термов в ней, произведя кластеризацию

обучающих данных. Для проведения кластеризации был выбран алгоритм DBSCAN [3]. Этот алгоритм оперирует плотностью данных, а одним из его преимуществ являются хорошие результаты на зашумленных данных. Введем следующие условные обозначения:  $m, \varepsilon$  – параметры алгоритма,  $C$  – текущий кластер,  $d(x_i, x_j)$  – функция евклидова расстояния.

Алгоритм:

1.  $C = \emptyset$ ;

2. Выбираем точку  $x_p$  ( $p = \overline{1, z}$ ), которую еще не посетили, отмечаем ее как посещенную, находим множество соседних точек  $Nhood = \{x_j | d(x_j, x_p) < \varepsilon, j = \overline{1, z}\}$ .

3. Если  $k \geq m$ , то:

3.1. Добавляем  $x_p$  в  $C$ .

3.2. Выбираем еще не посещенную точку  $x_j$  из  $Nhood$ , помечаем ее как посещенную, формируем  $Nhood' = \{x_i | d(x_i, x_j) < \varepsilon, i = \overline{1, z}\}$ , объединяем эти множества ( $Nhood = Nhood \cup Nhood'$ ).

3.3. Если  $x_j$  еще не была кластеризована, то добавляем в  $C$ ;

3.4. Если в  $Nhood$  остались еще не посещенные точки, то переходим на шаг 3.1, иначе переходим на шаг 4.

4. Генерируем правило на основе  $C$ . Если остались еще непосещенные точки, переходим на шаг 1, иначе завершаем работу алгоритма, возвращая  $\theta_0$ .

**Эксперимент.** Для оценки эффективности нечеткого классификатора, настроенного приведенным алгоритмом, были проведены тесты на наборах данных из репозитория KEEL (<http://www.keel.es/>) по схеме кроссвалидации. Тип функции принадлежности – гауссоида,  $\varepsilon$  задавалось в зависимости от величины среднего расстояния всех точек до  $m$  соседей. Результаты приведены в таблице.

**Результаты**

Набор данных	E_test	E_learn	% правильной кластеризации	Число правил	$m$
balance	46,16	45,76	0,46	3	7
ecoli	42,41	43,16	0,44	4,2	3
glass	32,78	32,34	0,41	3	3
iris	74,57	74,27	0,69	4	3
phoneme	70,32	70,29	0,66	3,52	3
pima	64,76	64,94	0,64	2,48	3
ring	55,52	55,91	0,50	2,28	3
segment	14,29	14,29	0,15	4,44	3

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Круглов В.В., Дли М.И., Голунов Р.Ю.* Нечеткая логика и искусственные нейронные сети. – М.: Физматлит, 2002. – 312 с.
2. *Ходашинский И.А., Дудин П.А.* Идентификация нечетких систем на основе непрерывного алгоритма муравьиной колонии // *Автометрия*. – 2012. – Т. 48, № 1. – С. 45–71.
3. *Ester M., Kriegel H., Sander, J., Xu X.* A density-based algorithm for discovering clusters in large spatial databases with noise // *Proceedings of the Second International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD-96)*. – PP. 226–231.

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ НЕЧЕТКОГО КЛАССИФИКАТОРА НА ОСНОВЕ АЛГОРИТМА «СТАИ ЛАСТОЧЕК»

*А.О. Слезкин, каф. КИБЭВС*

*Научный руководитель И.А. Ходашинский, проф. каф. КИБЭВС, д.т.н.  
Томск, ТУСУР*

*Проект ГПО КИБЭВС-1211 «Нечеткие системы»*

Оптимизация представляет собой попытку получения оптимального решения задачи при заданных условиях. Важнейшей задачей оптимизации является сведение к минимуму потерь времени или получение максимальной выгоды от данной технической системы. Все системы, которые должны быть оптимизированы, имеют целевую функцию и несколько переменных, которые влияют на функцию. Таким образом, методы оптимизации могут быть определены как процесс достижения оптимальных решений, которые удовлетворяют заданной целевой функции.

Целью работы является реализация метаэвристического алгоритма «стаи ласточек» (Swallow Swarm Optimization) [1] для оптимизации нечеткого классификатора.

**Постановка задачи.** В данной работе рассматривался нечеткий классификатор.

Построение нечеткой системы осуществляется на основе таблицы наблюдений:

$$T = \{t_1, t_2, \dots, t_M\},$$

где  $t_k = (x_k, c_k)$  – строка таблицы наблюдений,  $x_k = (x_1, x_2, \dots, x_n)$  – вектор значений входных переменных,  $c_k$  – выходная метка класса,  $M$  – число наблюдений,  $n$  – число входных переменных.

На основе таблицы наблюдений на области определения каждой входной переменной формируются нечеткие термы.

Исходя из разбиения переменных на нечеткие термы формируется база правил нечеткой системы. Правило для нечеткого классификатора имеет вид

IF  $x_1 = A_{1j}$  AND  $x_2 = A_{2j}$  AND ... AND  $x_n = A_{nj}$  THEN  $class = c_j$ ,  
 где  $j = \overline{1 \dots m}$ ,  $m$  – количество правил,  $A_{ij}$  – терм  $j$ -го правила  $i$ -й переменной,  $c_j$  – идентификатор  $j$ -го уровня [2].

Нечеткий классификатор может быть представлен как

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

где  $\mathbf{x}$  – входной вектор,  $\boldsymbol{\theta}$  – вектор параметров антецедентов.

Степень принадлежности объекта к каждому классу вычисляется следующим образом:

$$\beta_j(\mathbf{x}) = \sum_{R_{ij}} \prod_{k=1}^n A_{ki}(\mathbf{x}_k), \quad j = 1, 2, \dots, m.$$

Выходом классификатора является метка класса, определяемая следующим образом:

$$class = c_{j^*}, j^* = \arg \max \beta_j.$$

На множестве обучающих данных (таблица наблюдений) определим следующую функцию:

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

Тогда точность классификации выражается следующим образом:

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

**Описание алгоритма.** Алгоритм «стаи ласточек» является продолжением идеи роящихся частиц и основан на поведении стаи ласточек в привычной им среде обитания.

Главная идея алгоритма состоит в разделении всех частиц на три вида:

- частицы-лидеры,
- частицы-исследователи,
- бесцельные-частицы.

Роли зависят от положения частицы.

Частицы лидеры делятся на глобального лидера и локальных лидеров. Глобальным лидером является частица с самым лучшим положением в проблемном пространстве. Локальные лидеры — это  $l$  следующих за глобальным лидером частиц. Бесцельные частицы –  $k$  худших частиц популяции. Остальные частицы – исследователи.

Частицы-лидеры во время итерации не двигаются, а служат ориентиром для исследователей.

Частицы-исследователи изучают проблемное пространство между ближайшим локальным лидером и глобальным лидером. Для изменения их положения используются формулы:

$$\begin{aligned} \theta_{e_{i+1}} &= \theta_{e_i} + V_{i+1}, \quad V_{i+1} = \mathbf{VHL}_{i+1} + \mathbf{VLL}_{i+1}, \\ \mathbf{VHL}_{i+1} &= \mathbf{VHL}_i + \alpha_{HL} * rand(0,1) * (\theta_{e_{best}} - \theta_{e_i}) + \beta_{HL} * \\ &\quad rand(0,1) * (\mathbf{HL} - \theta_{e_i}), \\ \mathbf{VLL}_{i+1} &= \mathbf{VLL}_i + \alpha_{LL} * rand(0,1) * (\theta_{e_{best}} - \theta_{e_i}) + \beta_{LL} * \\ &\quad * rand(0,1) * (\mathbf{LL}_i - \theta_{e_i}), \end{aligned}$$

где  $\theta_{e_i}$  – положение  $i$ -й частицы-исследователя,  $\mathbf{HL}$  – положение глобального лидера,  $\mathbf{LL}_i$  – положение ближайшего до  $\theta_{e_i}$  локального лидера,  $\theta_{e_{best}}$  – лучшее положение  $\theta_{e_i}$ ,  $\alpha_{HL}$ ,  $\beta_{HL}$  – параметры, контролирующие скорость приближения к  $\mathbf{HL}$ ,  $\alpha_{LL}$ ,  $\beta_{LL}$  – параметры, контролирующие скорость приближения к  $\mathbf{LL}$ ,  $V_i$  – вектор скорости  $\theta_{e_i}$ ,  $\mathbf{VHL}$  – вектор скорости частицы относительно  $\mathbf{HL}$ ,  $\mathbf{VLL}$  – вектор скорости частицы относительно  $\mathbf{LL}$ .

Бесцельные частицы перемещаются в случайное место проблемного пространства. Для этого используется формула

$$\theta_{o_{i+1}} = rand(\{0,5; 1,5\}) * \mathbf{VSS}, \quad \mathbf{VSS} = \frac{\sum_{i=1}^{N-k} \theta_i}{N-k},$$

где  $\theta_{o_i}$  – положение  $i$ -й бесцельной частицы,  $\theta_i$  –  $i$ -я частица популяции,  $N$  – количество всех частиц в популяции,  $k$  – количество бесцельных частиц.

После каждой итерации роли частиц переопределяются. После выполнения условия останова алгоритма его работа завершается и возвращается положение глобального лидера.

**Полученные результаты.** Для проведения тестирования работы алгоритма были выбраны следующие наборы данных из репозитория KEEL: banana, iris, balance, titanic. Размер популяции был равен 50, количество локальных лидеров – 3, количество бесцельных частиц – 5, количество итераций – 300. После тестирования было проведено сравнение полученных результатов в таблице с результатами работы эволюционных испанских алгоритмов D-MOFARC, FARC-HD [3].

**Сравнение результатов работы алгоритмов**

Data	SSO		D-MOFARC		FARC-HD	
	Обуч.	Тест	Обуч.	Тест	Обуч.	Тест
banana	83,28	83,3	90,3	<b>89</b>	86	85,5
iris	98,33	<b>100</b>	98,1	96	98,6	95,3
balance	96,6	<b>91,2</b>	89,4	85,6	92,2	91,2
titanic	79,15	78,68	78,9	78,7	79,1	<b>78,8</b>

**Закключение.** Алгоритм «стаи ласточек» показал хорошую работу для оптимизации нечеткой системы на всех данных выборках. Его

показательным отличием является простота реализации и интеграции в нечеткие системы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Neshat M., Sepidnam G., Sargolzaei M.* Swallow swarm optimization algorithm: a new method to optimization // *Neural Computing and Application*. – 2013. – Vol. 23, No. 2. – PP. 429–454.
2. *Ходашинский И.А.* Идентификация нечетких систем: методы и алгоритмы // *Проблемы управления*. – 2009. – № 4. – С. 15–23.
3. *Fazzolari M., Alcalá R., Herrera F.* D-MOFARC Classification Algorithm // *Applied Soft Computing*. – 2014. – No. 24. – PP. 470–481.

### ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ АЛГОРИТМА «МОЗГОВОЙ ШТУРМ» ПРИ ПОСТРОЕНИИ НЕЧЕТКОГО АППРОКСИМАТОРА

**Ю.А. Сорокина, студентка каф. КИБЭВС**

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

*Томск, ТУСУР, yuliya\_sorokina@inbox.ru*

*Проект ГПО КИБЭВС-1211 «Нечёткие системы»*

Цель статьи – анализ параметров алгоритма «мозговой штурм» с использованием оператора дифференциальной эволюции при построении нечеткого аппроксиматора.

Основные положения алгоритма:

- 1) Оригинальный оператор

$$\theta_{select} = \begin{cases} \theta_i + \xi * normrnd(0,1) & \text{– для одной группы;} \\ rand * \theta_{i1} + (1 - rand)\theta_{i2} + \xi * normrnd(0,1) & \text{– для двух,} \end{cases}$$

где  $\theta_i, \theta_{i1}, \theta_{i2}$  – выбранные произвольные идеи в группе, в первой группе и второй соответственно;

$$\xi = rand * \exp\left(1 - \frac{max\_iteration}{max\_iteration - current\_iteration + 1}\right);$$

$normrnd(0,1)$  – нормально распределенная величина.

- 2) Оператор дифференциальной эволюции

$$V_i = \begin{cases} \theta_{center} + F * (\theta_{r1} - \theta_{r2}), \\ GlobalIdea + F * (\theta_{i1} - \theta_{i2}), \end{cases}$$

где  $F \in [0,2]$ ,  $i = 1..N$ ;  $GlobalIdea$  – лучшая идея;  $\theta_{center}$  – лучшая идея в группе;  $\theta_{r1}, \theta_{r2}$  – две произвольные идеи в группе.

$$\theta_{select} = \begin{cases} V_i, & \text{если } f(V_i) < f(\theta_i), \\ \theta_i, & \end{cases}$$

$$\theta_{new} = \theta_{select} + \xi * normrnd(0,1).$$

Принятие новой идеи, если она лучше существующей:

$$\theta_i = \begin{cases} \theta_{new}, & \text{если } f(\theta_{new}) < f(\theta_i), \\ \theta_i. & \end{cases}$$

Исследуемые параметры алгоритма:

- мутационный фактор ( $F$ );
- вероятности выбора группы/групп и оригинального оператора дифференциальной эволюции ( $p_{one}$ ,  $p_{one\ center}$ ,  $p_{two\ center}$ );
- количество идей ( $N$ );
- количество групп ( $m$ ).

Для анализа параметров использовалась выборка quake из репозитория KEELS. Оценка параметров производится путем вычисления ошибки MSE.

$$MSE(\theta) = \sum_{p=1}^m (t_p - f(\mathbf{x}_p; \theta; \mathbf{D}))^2 / 2m,$$

где  $(t_p; \mathbf{x}_p)$ ,  $p = \overline{1, m}$  – таблица наблюдений;  $\theta = \|\theta_1, \dots, \theta_M\|$  – вектор параметров функций принадлежности antecedentной части правил;  $\mathbf{D} = \|D_1, \dots, D_M\|$  – вектор параметров consequentной части правил.

В результате исследования были получены зависимости усредненной ошибки MSE от параметров алгоритма (рис. 1–6).

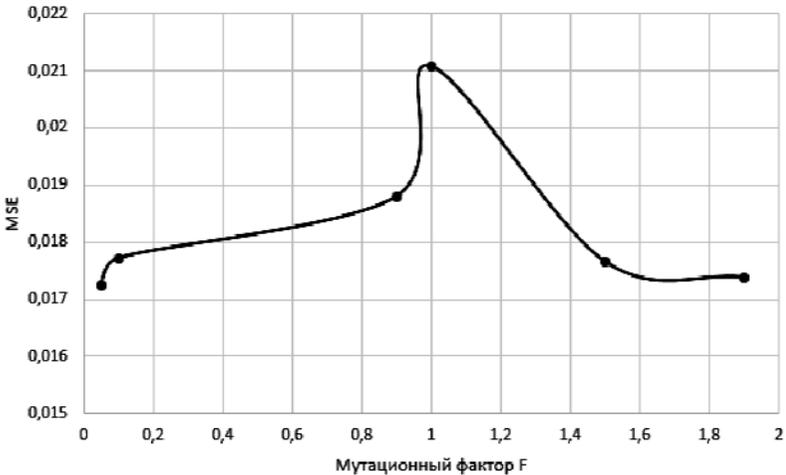


Рис. 1. Мутационный фактор ( $F$ )

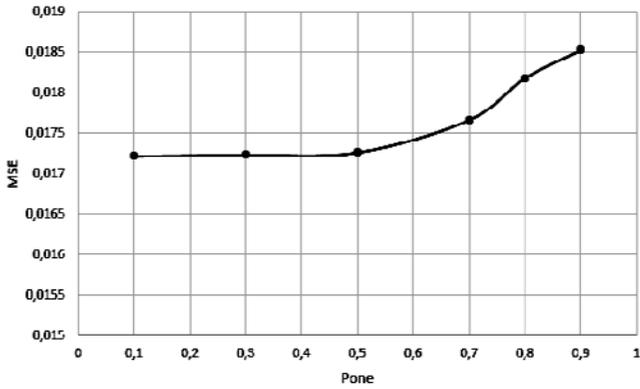


Рис. 2. Вероятность выбора группы/групп ( $p_{one}$ )

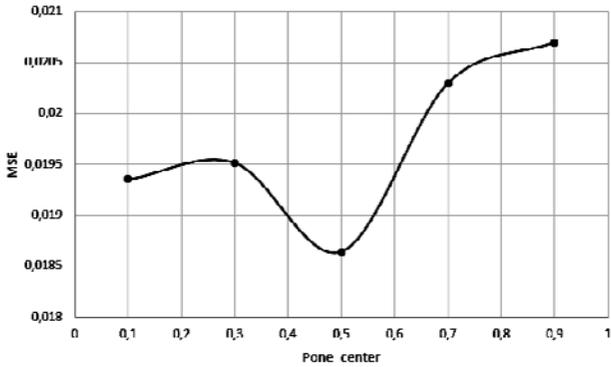


Рис. 3. Вероятность выбора оператора для одной группы ( $p_{one\ center}$ )

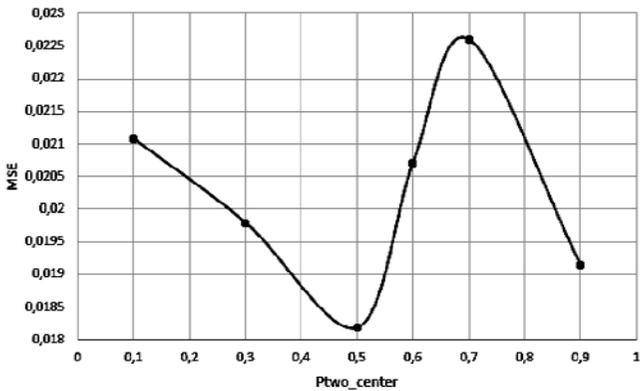


Рис. 4. Вероятность выбора оператора для двух групп ( $p_{two\ center}$ )

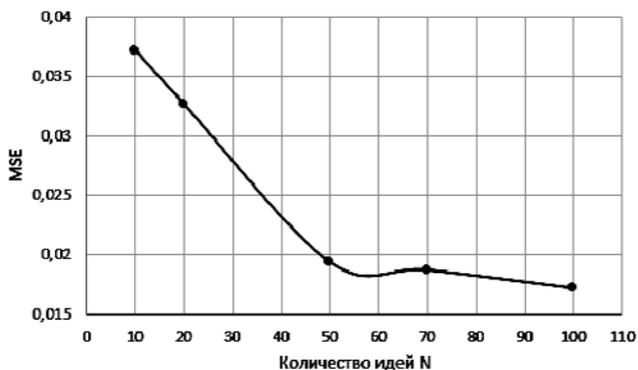


Рис. 5. Количество идей ( $N$ )

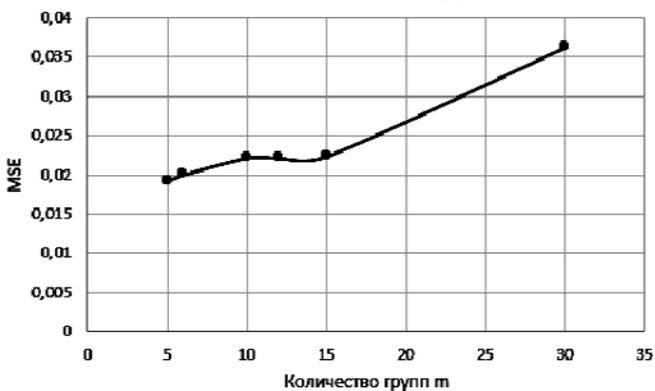


Рис. 6. Количество групп ( $m$ )

**Заключение.** В процессе исследования были выявлены параметры, при которых средняя ошибка MSE была наименьшей. В соответствии с этим были протестированы выборки из репозитория KEELS и получены результаты, представленные в таблице, где  $R$  – количество правил; tsa, tst – тестовая и обучающая выборки соответственно.

#### Результаты тестирования

Quake			Plastic			Friedman		
$R$	tsa	tst	$R$	tsa	tst	$R$	tsa	tst
36	0,017949	0,017143	15	1,16	1,189	258	2,06	1,98
ele2			diabetes			delta_ail		
$R$	tsa	tst	$R$	tsa	tst	$R$	tsa	tst
272	11152	12367,5	24	0,105	0,25	42	2,84E-08	2,77E-08

## ЛИТЕРАТУРА

1. *An Improved Brain Storm Optimization with Differential Evolution Strategy for Applications of ANNs* // Hindawi Publishing Corporation Mathematical Problems in Engineering. – 2015. – Article ID 923698. – 18 p.
2. *Yuhui Shi*. Brain Storm Optimization Algorithm // Xi'an Jiaotong. Liverpool University, Suzhou, China. – Vol. 215123. – P. 2–5.
3. *Сарин К.С.* Гибридные алгоритмы анализа данных на основе компактных и точных нечетких систем типа Такаги–Сугено: дис. ... канд. тех. наук. – Томск, 2016. – С. 30–31.

## СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ АЛГОРИТМА ОПТИМИЗАЦИИ «KRILL HERD» НА НЕЧЕТКИХ МОДЕЛЯХ ТИПА ТАКАГИ–СУГЕНО И СИНГЛТОН

*И.В. Филимоненко, студент каф. БИС*

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

*Томск, ТУСУР, ifilimon96@mail.ru*

*Проект ГПО КИБЭВС-1211 «Нечеткие системы»*

Алгоритмы оптимизации при применении их в задачах идентификации параметров нечетких систем ведут себя совершенно по-разному, и это поведение в большинстве случаев зависит от таких критериев, как параметры алгоритма оптимизации и параметры выбранного набора данных для оптимизации.

В данной работе были проведены сравнения результатов оптимизации алгоритмом «Krill Herd» (при одинаковых значениях параметров), разных типов нечетких систем, таких как Такаги–Сугено и Синглтон на примере нечеткого аппроксиматора.

**Описание структуры нечеткого аппроксиматора типа Такаги–Сугено и Синглтон.** Нечеткий аппроксиматор задается правилами следующего вида:

ЕСЛИ  $x_1 = A_{1i}$  и  $x_2 = A_{2i}$  и ... и  $x_n = A_{ni}$  ТО  $y_1 = d_i$  (Синглтон) и  
 $y_2 = d_{0i} + d_{1i}x_1 + \dots + d_{ni}x_n$  (Такаги–Сугено),

где  $A_{ji}$  – лингвистический терм, которым оценивается входная переменная  $x_i$ ,  $y_1$  – действительное число, которым оценивается выход у (Синглтон), и  $y_2$  – линейная функция, которым оценивается выход у (Такаги–Сугено). Выход аппроксиматора синглтон определяет отображение

$$f(\mathbf{x}; \theta) = \frac{\sum_{i=1}^R \mu_{A_{1i}}(x_1) * \mu_{A_{2i}}(x_2) \dots \mu_{A_{ni}}(x_n) * y_1}{\sum_{i=1}^R \mu_{A_{1i}}(x_1) * \mu_{A_{2i}}(x_2) \dots \mu_{A_{ni}}(x_n)}.$$

Выход аппроксиматора Такаги–Сугено определяет отображение:

$$f(\mathbf{x}; \boldsymbol{\theta}; \mathbf{D}) = \frac{\sum_{i=1}^R \prod_{j=1}^n \mu_{A_{ji}}(x_j) y_2}{\sum_{i=1}^R \prod_{j=1}^n \mu_{A_{ji}}(x_j)},$$

где  $\mathbf{x}$  – входной вектор;  $R$  – число правил;  $n$  – количество входных переменных;  $\mu_{A_{ji}}$  – функция принадлежности  $j$ -й входной переменной;  $\boldsymbol{\theta} = \|\theta_1, \dots, \theta_N\|$  – вектор параметров нечеткого аппроксиматора;  $\mathbf{D}$  – вектор параметров консеквентов.

Пусть имеется таблица наблюдений  $\{(\mathbf{x}_p; t_p), p = 1, \dots, m\}$ , тогда критерий качества аппроксимации может быть выражен среднеквадратической функцией ошибки, вычисленной по формуле:

для Синглтон:

$$\text{MSE}(\boldsymbol{\theta}) = \frac{\sum_{p=1}^m (t_p - f(\mathbf{x}_p; \boldsymbol{\theta}))^2}{2 * m},$$

для Такаги–Сугено:

$$\text{MSE}(\boldsymbol{\theta}) = \frac{\sum_{p=1}^m (t_p - f(\mathbf{x}_p; \boldsymbol{\theta}; \mathbf{D}))^2}{2 * m}.$$

Оптимизация параметров  $\boldsymbol{\theta}$  происходит с помощью алгоритма «Krill Herd».

Биовдохновленный алгоритм оптимизации «Krill Herd», он же алгоритм стада крилей, основан на жизни антарктических рачков, целями жизни которых являются добыча пищи и поиск места максимального скопления крилей. В основе алгоритма лежат три скорости: скорость, вызванная другими крилями; скорость, вызванная необходимостью добычи пищи? и скорость, вызванная физическим распространением крилей.

При сравнении работы алгоритма на двух разных типах нечетких систем использовался метод кроссвалидации, обучающие (trn) и тестовые (tst) файлы сформированы в репозитории KEEL в соотношении 80 к 20 соответственно. Количество итераций на всех прогонах равно 100.

На рис. 1 и 2 представлены графики изменения ошибки MSE (trn) на разных «срезах» данных (всего их 5). На рис. 1 можно заметить практически расположение экстремумов функции, хотя значения ошибки MSE (trn) отличаются кратно. Такой же схожести на рис. 2 уже не наблюдается, но стоит заметить, что при использовании типа системы Такаги–Сугено разброс значений намного меньше, чем при использовании типа системы Синглтон.

Основными характеристиками наборов данных являются: количество параметров и количество экземпляров. Для набора данных Plastic

эти значения равны 2 и 1650 соответственно, а для набора данных Laser – 4 и 993 соответственно.

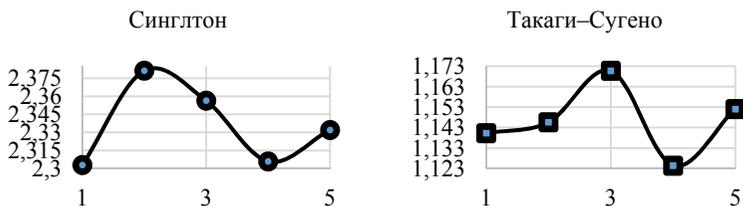


Рис. 1. Графики ошибок  $MSE (trn)$  на наборе данных Plastic

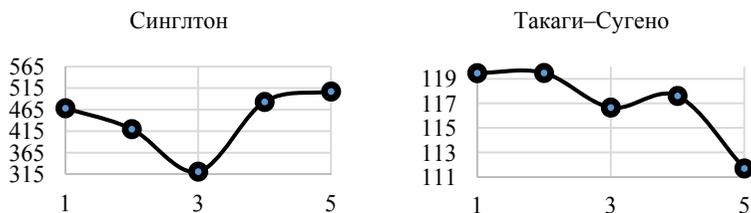


Рис. 2. Графики ошибок  $MSE (trn)$  на наборе данных Laser

Исходя из данных, представленных в таблице, можно предположить, что при кратном увеличении количества параметров в рассматриваемом наборе данных отношение ошибок  $MSE (trn)$  при использовании различных типов систем также возрастает кратно. Одним из основных выводов является то, что при оптимизации параметров нечетких систем лучшим выбором будет использование нечеткой системы типа Такаги–Сугено.

**Отношение ошибок  $MSE (trn)$  при использовании разных типов систем: Синглтон (C) и Такаги–Сугено (TC)**

	Plastic			Laser			
	Срез №	C	TC	Срез №	C	TC	Отношение C/TC
Срез №	MSE (trn)	MSE (trn)	Отношение C/TC	Срез №	MSE (trn)	MSE (trn)	Отношение C/TC
1	2,303	1,140	2,0	1	468,5	119,5	3,9
2	2,381	1,146	2,1	2	419,9	119,5	3,5
3	2,356	1,171	2,0	3	321,2	116,7	2,8
4	2,306	1,124	2,1	4	483,1	117,6	4,1
5	2,332	1,152	2,0	5	507,3	111,7	4,5

Исследование выполнено в рамках базовой части государственно-го задания Министерства образования и науки Российской Федерации на 2017–2019 гг. Номер 8.9628.2017/БЧ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Ходашинский И.А., Сарин К.С.* Методика построения компактных и точных нечетких систем типа Такаги–Сугено // Доклады ТУСУРа. – 2016. – Т. 19, №1. – С. 50–56.
2. *Филимоненко И.В.* Идентификация параметров нечетких моделей типа Синглтон на основе алгоритма оптимизации «KRILL HERD» // Конф. участников ГПО ТУСУР–2016 [Электронный ресурс]. – Электрон. журн. – 2016. – URL: <https://goo.gl/4Y6kxA> (дата обращения: 01.02.2017).
3. *Gandomi A.H., Alavi A.H.* Krill herd: A new bio-inspired optimization algorithm // Commun Nonlinear Sci. Numer. Simulat. – 2012. – Vol. 17. – PP. 4831–4845.

### ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ МЕТАЭВРИСТИКИ «KRILL HERD» НА РЕЗУЛЬТАТ ОПТИМИЗАЦИИ НЕЧЕТКИХ МОДЕЛЕЙ ТИПА СИНГЛТОН

*И.В. Филимоненко, студент каф. БИС*

*Научный руководитель И.А. Ходашинский, проф. каф. КИБЭВС, д.т.н.  
Томск, ТУСУР, ifilimon96@mail.ru*

*Проект ГПО КИБЭВС-1211 «Нечеткие системы»*

Нечеткое моделирование является одним из наиболее перспективных направлений прикладных исследований в области управления и принятия решений.

В данной работе будет рассмотрена зависимость изменения результатов оптимизации нечетких моделей типа Синглтон на примере нечеткого аппроксиматора от различных значений параметров метаэвристического алгоритма «Krill Herd».

**Описание структуры нечеткого аппроксиматора типа Синглтон.** Нечеткий аппроксиматор задается правилами следующего вида:

ЕСЛИ  $x_1 = A_{1i}$  и  $x_2 = A_{2i}$  и ... и  $x_n = A_{ni}$  ТО  $y = r_i$ ,  
где  $A_{ji}$  – лингвистический терм, которым оценивается входная переменная  $x_i$ ;  $r_i$  – действительное число, которым оценивается выход  $y$ .

Выход нечеткого аппроксиматора определяет отображение

$$f(\mathbf{x}; \boldsymbol{\theta}) = \frac{\sum_{i=1}^R \mu_{A_{1i}}(x_1) * \mu_{A_{2i}}(x_2) \dots \mu_{A_{ni}}(x_n) * r_i}{\sum_{i=1}^R \mu_{A_{1i}}(x_1) * \mu_{A_{2i}}(x_2) \dots \mu_{A_{ni}}(x_n)}, \quad (1)$$

где  $\mathbf{x}$  – входной вектор;  $R$  – число правил;  $n$  – количество входных переменных;  $\mu_{A_{ij}}$  – функция принадлежности  $i$ -й входной переменной;

$\boldsymbol{\theta} = \|\theta_1, \dots, \theta_N\|$  – вектор параметров нечеткого аппроксиматора.

Пусть имеется таблица наблюдений  $\{(x_p; t_p), p = 1, \dots, m\}$ , тогда критерий качества аппроксимации может быть выражен среднеквадратической функцией ошибки, вычисленной по формуле

$$MSE(\theta) = \frac{\sum_{p=1}^m (t_p - f(x_p; \theta))^2}{2 * m}. \quad (2)$$

Оптимизация параметров  $\theta$  проводится с помощью алгоритма «Krill Herd».

**Описание рассматриваемых параметров алгоритма «Krill Herd» и наборов данных для проведения эксперимента.** Данный алгоритм берет свое начало у стада антарктических рачков, поведенческими манерами которых являются хищничество и поиск точки наибольшего скопления таких же крилей, как они сами.

В работе рассмотрены такие параметры, как  $\omega_n, \omega_f$ .

Параметр  $\omega_n$  – вес инерции  $N_i$  движения, вызванного другими крилями, принимающей значения в диапазоне от 0 до 1. Параметр  $\omega_f$  – вес инерции  $F_i$  движения, вызванный необходимостью добычи пищи, принимающей значения в диапазоне от 0 до 1.

Для проведения эксперимента были выбраны наборы данных из репозитория KEEL (<http://www.keel.es>): ele1, quake.

Проведя эксперимент и получив данные, были построены графики (рис. 1).

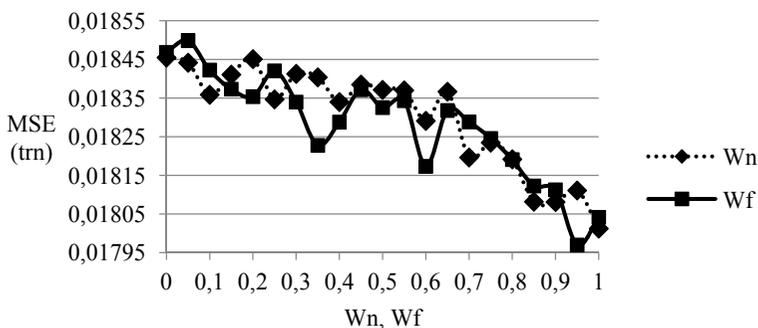


Рис. 1. Графики зависимости  $MSE$  (trn) от параметров  $\omega_n, \omega_f$  набора данных quake

Из представленных на рис. 1 графиков зависимости параметров  $\omega_n, \omega_f$  алгоритма и ошибки  $MSE$  (набор данных quake) можно сделать следующие выводы: при увеличении значений  $\omega_n, \omega_f$  значение ошиб-

ки уменьшается, и графики зависимости обоих параметров ведут себя одинаково и с небольшими скачками монотонно убывают. Аналогично ведут себя графики на рис. 2, которые также монотонно убывают при возрастании значений  $\omega_n$ ,  $\omega_f$ .

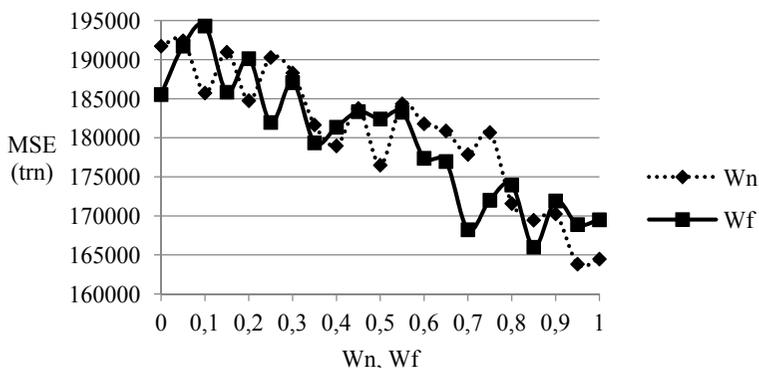


Рис. 2. Графики зависимости  $MSE$  trn от параметров  $\omega_n$ ,  $\omega_f$  набора данных ele1

Эксперимент проводился по схеме кроссвалидации, обучающие и тестовые файлы сформированы в репозитории KEEL, соотношение обучающей (trn) выборки и тестовой (tst) 80 к 20. Из пяти пар «нарезок» эксперимент проводился по одной и той же в обоих случаях.

#### Значения ошибки $MSE$ (trn) от значений $\omega_n$ , $\omega_f$

QUAKE							
$\omega_n$	$R$	$MSE$ (trn)	$MSE$ (tst)	$\omega_f$	$R$	$MSE$ (trn)	$MSE$ (tst)
0,00	14	0,018455	0,017533	0,00	14	0,018469	0,017575
0,10		0,018358	0,017463	0,10		0,018423	0,017569
0,20		0,018450	0,017673	0,20		0,018354	0,017505
0,30		0,018412	0,017514	0,30		0,018340	0,017468
0,40		0,018340	0,017412	0,40		0,018288	0,017459
0,50		0,018371	0,017485	0,50		0,018326	0,017469
0,60		0,018291	0,017462	0,60		0,018174	0,017372
0,70		0,018196	0,017400	0,70		0,018288	0,017367
0,80		0,018191	0,017357	0,80		0,018191	0,017355
0,90		0,018081	<b>0,017275</b>	0,90		0,018113	0,017315
1,00	<b>0,018012</b>	0,017360	1,00	<b>0,018042</b>	0,017341		

Исходя из значений ошибки MSE видно, что между значениями параметров  $\omega_n$ ,  $\omega_f$  0,90 и 1,00 ошибка MSE на тестовой и обучающей выборках принимает минимальные значения. Прделанная работа позволила понять картину поведения значения ошибки при изменении параметров алгоритма и открыла новые просторы для исследований зависимости ошибки от значений параметров алгоритма оптимизации.

Исследование выполнено в рамках базовой части государственного задания Министерства образования и науки Российской Федерации на 2017–2019 гг. Номер 8.9628.2017/БЧ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Ходашинский И.А., Минина Д.Ю., Сарин К.С.* Идентификация параметров нечетких аппроксиматоров и классификаторов на основе алгоритма «Кукушкин поиск» // Автометрия. – 2015. – Т. 51. № 3. – С. 27–34.
2. *Gacto M.J., Galende M., Alcalá R., Herrera F.* METSK-HDe: A multiobjective evolutionary algorithm to learn accurate TSK-fuzzy systems in high-dimensional and large-scale regression problems // Information Sciences. – 2014. – Vol. 276. – P. 63–79.
3. *Gandomi A.H., Alavi A.H.* Krill herd: A new bio-inspired optimization algorithm // Commun Nonlinear Sci. Numer. Simulat. – 2012. – Vol. 17. – PP. 4831–4845.

#### ОБЗОР ЗАДАЧИ АНАЛИЗА ТОНАЛЬНОСТИ ТЕКСТА

*М.В. Мейта, В.В. Шиповской, студенты каф. БИС*

*Научный руководитель А.С. Романов, доцент, к.т.н.*

*Томск, ТУСУР, alexx.romanov@gmail.com*

В настоящее время наблюдается бурный рост генерируемого пользователями контента в сети Интернет. Одно из направлений искусственного интеллекта обработка естественного языка позволяет вычислительным системам обрабатывать и извлекать различную информацию из естественного языка. Важной задачей обработки естественного языка является задача определения тональности текста, т.е. авторской эмоциональной оценки, выраженной в тексте.

Данная работа содержит обзор предметной области и источников, в которых рассматривается задача бинарной классификации текста на два класса в зависимости от его эмоциональной окраски: положительной или отрицательной. Стоит отметить, что проблема определения тональности текста активно исследуется отечественными и зарубежными учеными.

**Обзор.** Точность системы в пределах класса – это доля документов, действительно принадлежащих данному классу относительно всех документов, которые система отнесла к этому классу. Полнота

системы – это доля найденных классификатором документов, принадлежащих классу относительно всех документов этого класса в тестовой выборке. В [1] авторы использовали метод опорных векторов, который показал точность 92%. Наивный байесовский классификатор в двухклассовой классификации показал точность 90% при полноте в 48%. При комбинации метода опорных векторов и ключевых слов для бинарной классификации точность идентична методу опорных векторов.

В [2] в качестве алгоритма машинного обучения выбран наивный байесовский классификатор. Признаковое пространство рассматривается в виде мешка слов (bag of words). Для обучения и оценки точности классификации использовался тестовый набор, состоящий из отзывов клиентов российских банков. Он включает 304 положительных отзыва и 850 негативных отзывов на русском языке. Точность модели Бернулли – 82,82%, мультиномиальной модели – 87,69%.

В статье [3] авторы получили аналогичные выводы для английского языка – модель Бернулли оказалась хуже, чем мультиномиальная. Единственный случай, где они сравнимы, – это при использовании униграмм в качестве признака. В общем же случае модель Бернулли менее стабильна, чем мультиномиальная, и её результат оказался на 10% хуже. С короткими сообщениями лучше справилась мультиномиальная модель, а с длинным текстом – метод опорных векторов. Комбинированный метод на основе наивного байесовского классификатора и метода опорных векторов справился хорошо как с длинными текстами, так и с короткими сообщениями.

В [4] текст анализируется двумя разными алгоритмами: методом максимальной энтропии и методом опорных векторов. Перед классификацией проводится предобработка текста, в частности, это удаление стоп-слов, пунктуации и чисел. Стоп-слова – слова, не несущие в себе смысла и не влияющие на его тематику. Такими словами чаще всего являются предлоги, союзы и другие части речи, предназначенные для связи слов в предложениях. Для того чтобы избежать проблемы переобучения, алгоритмы тестируются методом кроссвалидации. Наиболее эффективным оказался метод максимальной энтропии: точность 81,5% при полноте 79%. Метод опорных векторов показал точность 82% при полноте 75,5%.

В [5] сравнение метода опорных векторов и искусственных нейронных сетей показало, что обучение при использовании метода опорных векторов происходит на 2-3 порядка быстрее, чем многослойного перцептрона и сетей каскадных корреляций. При увеличении сложности задачи метод опорных векторов справляется с её ре-

шением лучше, чем нейронные сети, и обладает большим запасом по точности.

**Заключение.** Обобщив проделанный обзор, в качестве метода классификации для дальнейших исследований был выбран именно метод опорных векторов, так как он дает хорошие показатели по точности по сравнению с остальными методами машинного обучения, а также имеет высокую скорость обучения. В дальнейшем планируется построить бинарный классификатор русскоязычных текстовых сообщений в социальной сети Твиттер и оценить его эффективность.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Котельников Е.В.* Автоматический анализ тональности текстов на основе методов машинного обучения / Е.В. Котельников, М.В. Клековкина // Конференция по компьютерной лингвистике. – 2012. – С. 7–10.

2. *Юсупова Н.И.* Алгоритмическое и программное обеспечение для анализа тональности текстовых сообщений с использованием машинного обучения / Н.И. Юсупова, Д.Р. Богданова, М.В. Бойко // Вестник УГАТУ. – Уфа, 2012. – Т. 16, № 6 (51). – С. 91–99.

3. *Sida Wang, Christopher D. Manning* Stanford University. Baselines and Bigrams: Simple, Good Sentiment and Topic Classification [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://nlp.stanford.edu/pubs/sidaw12\\_simple\\_sentiment.pdf](http://nlp.stanford.edu/pubs/sidaw12_simple_sentiment.pdf) / (дата обращения: 21.10.2016).

4. *Аксенов А.В.* Анализ тональности текстовых сообщений социальной сети Twitter / А.В. Аксенов // Науч.-техн. ж. Теория. Практика. Инновации. – Июль 2016. – С. 4–12.

5. *Романов А.С.* Разработка и исследование математических моделей, методик и программных средств информационных процессов при идентификации автора текста / А.С. Романов, А.А. Шелупанов, Р.В. Мещеряков. – Томск: В-Спектр, 2011. – 187 с.

## АНАЛИЗ ТОНАЛЬНОСТИ РУССКОЯЗЫЧНОГО ТЕКСТА В СИСТЕМЕ МИКРОБЛОГОВ ТВИТТЕР

*М.В. Мейта, В.В. Шиповской, студенты каф. БИС*

*Научный руководитель А.С. Романов, доцент, к.т.н.*

*Томск, ТУСУР, alexx.romanov@gmail.com*

В данной работе рассматривается задача бинарной классификации русскоязычного текста на два класса в зависимости от его эмоциональной окраски: положительной или отрицательной. В качестве объекта изучения рассматриваются сообщения из сети микроблогов

Твиттер. В статье приводятся результаты исследования классификатора тональности текста с использованием машинного обучения.

**Методика тестирования.** Проанализировав различные источники [1–4], в качестве метода классификации был выбран метод опорных векторов. В качестве исходных данных используется размеченный корпус с интернет-ресурса [5]. На основе особенностей сообщений социальной сети Твиттер и проведенного статистического анализа размеченного корпуса были составлены словари:

- словарь эмодиконов (объем 109 эмодиконов);
- словарь обсценной лексики (объем 207 слов);
- словарь эмоционально окрашенных слов (объем 277 слов);
- словарь стоп-слов (объем 149 слов).

В работе была произведена предварительная обработка текста, а именно удаление стоп-слов, хэштегов, цифр, знаков пунктуации, различных спецсимволов. Эмодиконы заменяются соответствующими словами «положительныйэмодикон» и «негативныйэмодикон». Обсценная лексика заменяется словом «обсценная\_лексика». Эмоционально окрашенные слова заменяются соответствующими словами, «положительноеслово» и «негативноеслово».

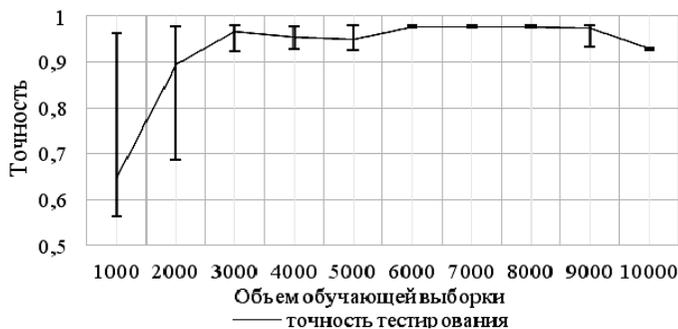


Рис. 1. Зависимость точности классификации от объема обучающей выборки

Обучающие и тестовые выборки содержат равное число сообщений (10000). Также применялся метод кроссвалидации по  $k$  блокам,  $k = 10$ . Зависимость точности классификации от объема обучающей выборки представлена на рис. 1. Наилучший усредненный показатель точности достигается при обучающей выборке объемом 6000. В табл. 1 приведены результаты обучения и тестирования классификатора без применения метода кроссвалидации на проверку точности, полноты и F1 – гармоническое среднее между точностью и полнотой.

Целью выбора признаков является устранение признаков, наличие которых не влияет или ухудшает точность. В табл. 2 представлен

результат тестирования различных  $l$ -грамм и их комбинаций в качестве признаков. В каждом случае проводилось 10 тестов и усреднение оценок. В табл. 3 представлены результаты уменьшения признакового пространства, при котором удалялись признаки, для которых число сообщений, в которых они встречаются, было не меньше значения  $df$  (document frequency), в качестве признаков использовалась комбинация униграмм и биграмм.

Таблица 1

**Качество работы классификатора**

Класс	Точность	Полнота	F1
Положительный	0,95	1	0,98
Отрицательный	1	0,95	0,98
Среднее	0,98	0,98	0,98

Таблица 2

**Результаты тестирования различных  $N$ -грамм и их комбинаций**

Признаковое пространство	Униграммы	Биграммы	Триграммы	Точность	Полнота	F1
25181	+			0,94	0,93	0,93
64735		+		0,75	0,67	0,70
63987			+	0,77	0,59	0,66
90104	+	+		0,98	0,98	0,98
128035		+	+	0,75	0,66	0,70
154645	+	+	+	0,75	0,73	0,74

Таблица 3

**Результаты уменьшения признакового пространства**

$df$	Объём словаря признаков	Precision	Recall	F1
1	90104	0,98	0,98	0,98
2	20314	0,94	0,93	0,93
3	6104	0,94	0,94	0,94
4	4067	0,93	0,93	0,93

**Заключение.** В итоге был построен классификатор тональности текста в наиболее популярной на данный момент системе микроблогов Твиттер, который позволяет определить тональность текста с точностью до 98% и показывает хорошие показатели по остальным метрикам. Также было проведено уменьшение признакового пространства и протестированы различные вариации выбора признаков. В ходе эксперимента было установлено, что наилучшие показатели достигаются при использовании комбинации униграмм и биграмм слов, а также не используя удаление признаков. Полученная высокая точность классификации тональности русскоязычного текста в задаче

бинарной классификации позволит в дальнейшем обобщить имеющиеся наработки для решения более сложной задачи – классификации на 3 и более классов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Котельников Е.В.* Автоматический анализ тональности текстов на основе методов машинного обучения / Е.В. Котельников, М.В. Клековкина // Конференция по компьютерной лингвистике. – 2012. – С. 7–10.

2. *Юсупова Н.И.* Алгоритмическое и программное обеспечение для анализа тональности текстовых сообщений с использованием машинного обучения / Н.И. Юсупова, Д.Р. Богданова, М.В. Бойко // Вестник УГАТУ. – Уфа, 2012. – Т. 16, № 6(51). – С. 91–99.

3. *Романов А.С.* Разработка и исследование математических моделей, методик и программных средств информационных процессов при идентификации автора текста / А.С. Романов, А.А. Шелупанов, Р.В. Мещеряков. – Томск: В-Спектр, 2011. – 187 с.

4. *Аксенов А.В.* Анализ тональности текстовых сообщений социальной сети Twitter // Науч.-техн. ж. «Теория. Практика. Инновации». – Июль 2016. – С. 4–12.

5. *Корпус* коротких текстов на русском языке на основе постов twitter [Электронный ресурс]. – Режим доступа :<http://study.mokogon.com/> (дата обращения: 21.10.2016).

### ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ВИЗУАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СВЧ-ЭЛЕКТРОНИКИ

*Б.В. Ширяев, студент каф. ФЭ*

*Томск, ТУСУР, [harger.net@mail.ru](mailto:harger.net@mail.ru)*

*Научный руководитель А.В. Безрук, нач. измерительного участка,  
Томск, АО «НИИПП», 4-й отдел*

Визуальный контроль качества выпускаемой продукции на производстве, осуществляемый оператором, отнимает очень большое количество времени и требует значительных усилий. Длительная работа по визуальному контролю приводит к быстрой утомляемости зрения оператора и снижению качества контроля. В связи с этим появилась идея воспользоваться универсальным эвристическим алгоритмом – искусственной нейронной сетью для автоматизации процесса визуального контроля. Нейронные сети умеют распознавать речь и текст, прогнозировать события по новостным лентам, анализировать изображения и заниматься поиском деталей. Моя задача: научить нейронную сеть находить и оценивать степень брака в приборах СВЧ-электроники.

Перед созданием полноценного программного продукта требуется оценить возможность нейронной сети распознавать образы на изображении, воспользовавшись открытой базой рукописных цифр MNIST [1], выстроить оптимальную последовательность формирования архитектуры нейронной сети и оптимальные условия обучения.

После подготовки базы нейронной сети проводились опыты по подбору структуры нейронной сети [2]. В процессе работы были опробованы 2 нейронные сети с различным количеством слоёв и типов:

– 6 слоёв со свёрточным, подвыборочным и полносвязным типами (рис. 1, а);

– 5 слоёв – только свёрточные и полносвязные слои (рис. 1, б).

Как видно из рис. 1, оптимальным оказался второй тип сети, связано это с тем, что подвыборочный слой содержит ядро размером  $2 \times 2$ , которое ограничивает представление нейронной сети о распознаваемом объекте.

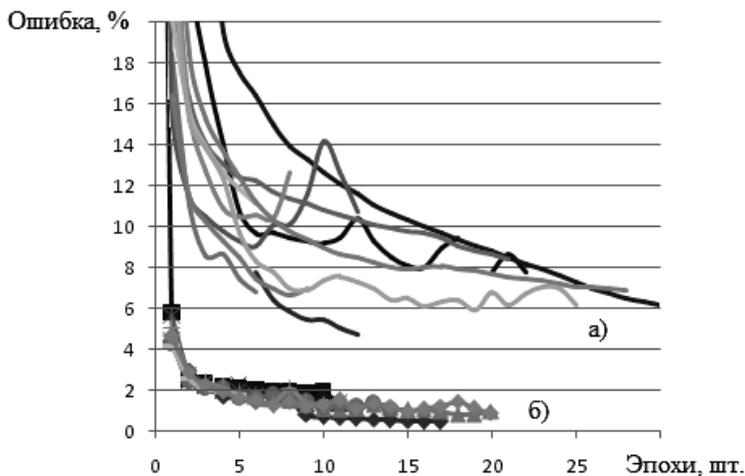


Рис. 1. Ошибка распознавания образов от количества эпох обучения для разных структур нейронной сети

Проведены исследования по влиянию количества нейронов в каждом слое на результат исследования (рис. 2).

Из рис. 2 видно, что увеличение количества нейронов уменьшает ошибку расчётов. Однако увеличение количества нейронов несёт увеличение времени расчётов и обучения. Выбор следует сделать, основываясь на требованиях: высокая скорость расчётов или точность.

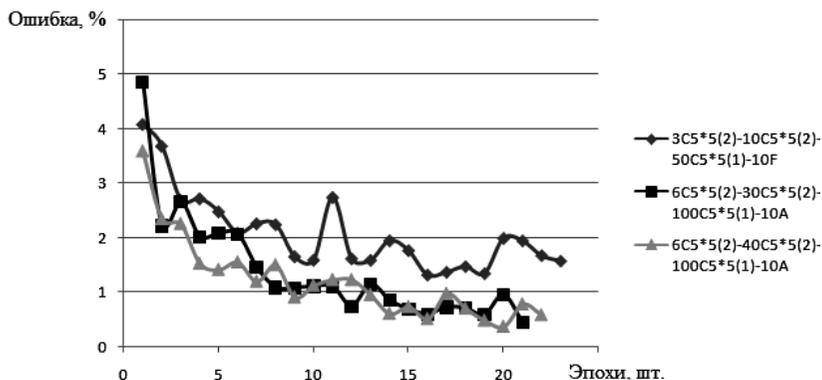


Рис. 2. Ошибка распознавания образов от количества эпох обучения для разного количества нейронов в скрытых слоях (справа указаны структуры нейронных сетей)

Многочисленные опыты показали, что от скорости обучения нейронной сети зависит много параметров, что также ставит её в разряд важных параметров наравне с архитектурой сети. От скорости обучения сети зависят качество обучения, сходимость, скорость сходимости, вероятность расходимости и др. В таблице показаны результаты обучения одной нейронной сети с разными скоростями обучения.

Из таблицы видно, что при различных скоростях обучения нейронной сети отличается минимальная ошибка и количество эпох для достижения этого минимума.

#### Результаты обучения нейронной сети с разными скоростями

Скорость обучения сети (кол-во эпох до минимальной ошибки)	Ошибка на обучающем наборе, %	Ошибка на тестовом наборе, %
0,4 (10)	1,31	1,82
0,5 (14)	1,06	1,45
0,5 (17)	0,46	1,38
0,5 (21)	0,74	1,48
0,6 (12)	4,78	6,77

Во всех экспериментах применялся метод обучения обратным распространением ошибки. Он является наиболее прозрачным для понимания и наиболее используемым методом, позволяет в любой момент отслеживать ошибку обучения сети и производить калибровку скорости обучения.

По результатам работы была сформирована последовательность подбора архитектуры нейронной сети:

1. Выбор типа слоёв и их количество обуславливаются сложностью распознаваемого изображения и образов из него.

2. Подбор количества нейронов каждого из слоя задаёт вариативность выделяемых образов из исходного изображения, задаётся точность классификации образов.

3. Подбор оптимального метода обучения задаёт точность и сходимость обучения для заданной задачи.

4. Подбор скорости обучения для оптимального времени обучения и точности распознавания.

5. Тонкая настройка скорости обучения для уменьшения количества эпох обучения.

Нейронная сеть позволяет с высокой степенью точности классифицировать тип символа на изображении. Ожидается высокая точность определения наличия бракованного участка на изображении СВЧ-устройства.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *THE MNIST DATABASE of handwritten digits* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://yann.lecun.com/exdb/mnist/> (дата обращения: 11.12.2016).

2. *Heaton J.* Introduction to Neural Network for C#. Heaton Research, Inc, 2008. – 430 p.

3. *Уотсон К., Нейгел К., Педерсен Я., Рид Д., Скиннер М.* Visual C# 2010: Полный курс / пер. с англ. – М.: Вильямс, 2011. – 960 с.

#### МОДЕЛЬ РАСПОЗНАВАНИЯ ДОРОЖНЫХ ЗНАКОВ И ПЕШЕХОДОВ В ВИДЕОПОТОКЕ

*И.А. Юдин, студент ГУАП; И.Г. Ханьков, аспирант СПИИРАН*

*Научный руководитель В.А. Ненашев, ассистент  
каф. проблемно-ориентированных комплексов  
Санкт-Петербург, ГУАП, [nenashev.va@gmail.com](mailto:nenashev.va@gmail.com)*

Рост населения крупных городов приводит к обострению проблем организации дорожного движения, среди которых выделяют рост уровня автомобилизации населения, увеличение интенсивности использования индивидуального транспорта, несоблюдение правил дорожного движения, что приводит к дорожно-транспортным происшествиям. Транспортные системы мегаполисов имеют сложную структуру и требуют постоянного контроля и модернизации. Одним из актуальных направлений развития транспортной системы является заблаговременное распознавание дорожных знаков, в особенности пешеходных, а также самих пешеходов, находящихся на проезжей части. Поэтому актуальна задача разработки и исследования интел-

лектуальных информационно-предупреждающих систем для решения изложенной проблемы, в частности, системы компьютерного зрения. Данная система должна осуществлять сбор информации из видеопотока, принятие решения об обнаружении дорожного знака или пешехода, сопровождение требуемых объектов, распознавание и заблаговременную выдачу звукового предупреждения.

Известные алгоритмы отслеживания дорожных знаков и пешеходов, например, отслеживание по областям, по активному контуру, по характерным признакам, – не обладают высокой степенью достоверности и требуют больших вычислительных и как следствие временных затрат на обработку видеопотока. Это делает их применение ограниченным для решения задачи заблаговременного предупреждения. Таким образом, вторым важным фактором для автомобильной системы распознавания является требование разработать быстродействующую систему, способную распознать объекты до их достижения.

**Необходимо разработать** имитационную модель с целью совершенствования алгоритмов распознавания дорожных знаков и пешеходов.

Использованы **методы** анализа кадров в видеопотоке; моделирования процессов детектирования, сопровождения и распознавания; методы теории вероятности и математической статистики применительно к задачам компьютерного зрения.

**В результате** разработана имитационная модель детектирования, сопровождения и распознавания дорожных знаков и пешеходов по кадрам в видеопотоке.

**Практическая значимость** представленной модели заключается в возможности проводить компьютерные эксперименты для разработки алгоритмов распознавания знаков и пешеходов, а также эксперименты для улучшения работы аппаратуры систем автомобильного зрения, что позволит значительно сократить количество дорожно-транспортных происшествий.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Pramod Pisharady, Prahlad Vadakkepat, Loh Ai Poh*. Computational Intelligence in Multi-Feature Visual Pattern Recognition: Hand Posture and Face Recognition using Biologically Inspired Approaches.
2. *Greg Welch, Gary Bishop*. An Introduction to the Kalman Filter, 2001.
3. *Grewal M.S., Andrews A.P.* Kalman Filtering – Theory and Practice Using MATLAB. – Wiley, 2001.
4. *Шати́ро Л., Стокман Дж.* Компьютерное зрение. – М.: Бином. – Лаборатория знаний, 2006.
5. *Форсайт Д., Понс Ж.* Компьютерное зрение. Современный подход. – М.: Вильямс, 2004.

6. *Dan S., Baojun Zh., Linbo T.* A Tracking Algorithm Based on SIFT and Kalman Filter // In Proceedings The 2nd International Conference on Computer Application and System Modeling. – 2012.

7. *Кустикова В.Д.* Отслеживание движения и алгоритмы сопровождения ключевых точек: лекция. – Н. Новгород: Нижегородский гос. ун-т им. Н.И. Лобачевского, 2013.

8. *Everingham M., Winn J.* The PASCAL visual object classes challenge development kit. (VOC–2007). – Technical report, 2007.

9. *Ханыков И.Г.* Альтернативное выделение целевых объектов на изображении // Региональная информатика (РИ–2016).

10. *Ханыков И.Г.* Программный модуль автоматического выделения объектов // Информационные технологии в управлении (ИТУ–2016).

11. *Pramod Kumar Pisharady, Prahlad Vadakkepat, Loh Ai Poh.* Hand Posture and Face Recognition using Biologically Inspired Approaches (Studies in Computational Intelligence) Softcover reprint of the original. – 1st ed. – 2014.

## СОДЕРЖАНИЕ

### СЕКЦИЯ 3 ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ

#### ПОДСЕКЦИЯ 3.1

##### ИНТЕГРИРОВАННЫЕ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ

*Председатель секции – Катаев М.Ю., проф. каф. АСУ, д.т.н.; зам. председателя – Суханов А.Я., доцент каф. АСУ, к.т.н.*

*М.Г. Киндяшов*

СОЗДАНИЕ ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ ТЕРРИТОРИИ ..... 15

*С.В. Конончук, Р.Р. Рахматов*

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ  
СПУТНИКОВЫМИ ПРИБОРАМИ GOSAT И ОСО-2 ..... 17

*А.П. Коробко*

ПОИСК КОЛЕННОГО СУСТАВА ЧЕЛОВЕКА ПО ZDOF-МОДЕЛИ  
ФИГУРЫ ЧЕЛОВЕКА ПО БИНАРИЗОВАННОМУ ИЗОБРАЖЕНИЮ ..... 19

*П.Ю. Лукманов, Н.С. Женис*

СОЗДАНИЕ ИНТЕРНЕТ-САЙТА – ВИЗИТКИ ДЛЯ ФАКУЛЬТЕТА  
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ..... 21

*В.А. Фаерман, В.М. Марукян*

ПОСТАНОВКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАДАЧИ РАЗРАБОТКИ  
ПРОГРАММНОЙ ЧАСТИ ТЕЧЕПОИСКОВОГО КОМПЛЕКСА ..... 23

*Д.Г. Петухов*

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ДЕФЕКТОВ  
НА КИРПИЧЕ-СЫРЦЕ ..... 26

*П.Ю. Яушкин*

ЭВРИСТИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ РАЗРАБОТКИ РАСПИСАНИЯ  
С УЧЕТОМ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА  
И ЕГО ЗАДОЛЖЕННОСТЕЙ ..... 28

*Ю.А. Богомолов*

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ  
И ПРОВЕРКИ ИХ ЗНАНИЙ ..... 30

*А.С. Гольцев, В.В. Бартов, М.А. Лаврук*

ШАБЛОНЫ ДВИЖЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА НА ОСНОВЕ ОБРАБОТКИ  
ДАННЫХ АКСЕЛЕРОМЕТРА ..... 32

*М.М. Даданова, К.С. Ёлгин*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПОВ РАСТЕНИЙ И ИХ ВЕГЕТАЦИОННОГО  
СОСТОЯНИЯ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ  
ИЗОБРАЖЕНИЙ ..... 33

<i>А.А. Лазарев</i>	
ОНЛАЙН-БИРЖА ДЛЯ РАЗМЕЩЕНИЯ РЕКЛАМЫ В ИНСТАГРАММ-АККАУНТАХ .....	36
<i>А.А. Мышанский</i>	
WEB-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ПРОЕКТА «РОБОТ-ОХРАННИК» .....	39
<i>Е.С. Полынцев</i>	
РОБОТИЗИРОВАННЫЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКТ «РОВОBALL» .....	41
<i>П.Е. Пугачев, А.А. Климов</i>	
РОБОТ ДЛЯ УЧАСТИЯ В ROBOCUP JUNIOR RESCUE НА БАЗЕ INTEL EDISON .....	42
<i>И.Ю. Слепцов</i>	
АРХИТЕКТУРНАЯ СРЕДА ПРОГРАММИРОВАНИЯ .....	46
<i>Р.А. Чернов</i>	
ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ХОДЬБЫ ЧЕЛОВЕКА ПО ДАННЫМ АКСЕЛЕРОМЕТРА .....	48
<i>Р.С. Чирцов</i>	
ВЛИЯНИЕ ВЕТРА НА ЛИНЕЙНЫЕ РАЗМЕРЫ ПЯТНА ОБЛАСТИ СЪЁМКИ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА .....	50
<i>А.С. Савина, Е.М. Шатова</i>	
АНАЛИЗ ПОХОДКИ ЧЕЛОВЕКА С ПОМОЩЬЮ СМАРТФОНА .....	52
<i>А.Е. Шицов</i>	
KINEST. ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ДВИЖЕНИЙ В НАЖАТИЕ КЛАВИШ .....	54

### **ПОДСЕКЦИЯ 3.2**

#### **РАСПРЕДЕЛЁННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ**

*Председатель секции – Сенченко П.В., декан ФСУ, доцент каф. АОИ, к.т.н.*

<i>М.А. Ермолова</i>	
РОЛЬ КОНТРОЛЯ ИСПОЛНИТЕЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СИСТЕМЕ ДОКУМЕНТООБОРОТА .....	57
<i>М.Г. Крашенинников, П.Ю. Найданов, И.В. Скларов</i>	
ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ГЕОДАННЫХ .....	61
<i>А.С. Крупский</i>	
ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ОДНОРОДНОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ СЕТИ .....	64
<i>Е.А. Макридина</i>	
ИНТЕРНЕТ-ПАНЕЛИ В ГОСУДАРСТВЕННОМ И МУНИЦИПАЛЬНОМ УПРАВЛЕНИИ: ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ .....	67
<i>Е.К. Малаховская</i>	
МАЛОБЮДЖЕТНЫЙ МАРКЕТИНГ ДЛЯ ПРОДВИЖЕНИЯ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ НА ПОТРЕБИТЕЛЬСКИЙ РЫНОК .....	70

<b>П.Ю. Найданов, М.Г. Крашенинников, И.В. Скляров</b> ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ВЕБ-ОРИЕНТИРОВАННОЙ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ В ГЕОМАРКЕТИНГОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ .....	72
<b>А.М. Фостенко, Д.В. Сапрон</b> ОСОБЕННОСТИ И ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ КАК СПОСОБА РАЗВИТИЯ ИМИДЖА И КАЧЕСТВА ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ (НА ПРИМЕРЕ г. ТОМСКА) .....	74
<b>О.К. Серых</b> ПРАКТИКА РЕАЛИЗАЦИИ РАСКРЫТИЯ ОТКРЫТЫХ ДАННЫХ И СОЗДАНИЯ НА ИХ ОСНОВЕ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ.....	77
<b>А.П. Чистяков</b> РАЗРАБОТКА РАСПРЕДЕЛЁННОЙ АРХИТЕКТУРЫ СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОГО ОБМЕНА КОНФИДЕНЦИАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИЕЙ....	80
<b>М.А. Шишанина</b> ПРЕДПОСЫЛКИ ПОСТРОЕНИЯ ОНТОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКИХ ПОСЕЛЕНИЙ: СУЩНОСТНЫЙ И ИНФОРМАЦИОННО- АНАЛИТИЧЕСКИЙ АСПЕКТЫ .....	83

### **ПОДСЕКЦИЯ 3.3**

#### **АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ В ТЕХНИКЕ И ОБРАЗОВАНИИ**

*Председатель секции – Дмитриев В.М., зав. каф. МиСА, д.т.н., проф.;*  
*зам. председателя – Ганджа Т.В., доцент каф. МиСА, к.т.н.*

<b>В.М. Дмитриев, Т.В. Ганджа, А.С. Букреев</b> СРЕДА МОДЕЛИРОВАНИЯ СЦЕНАРИЕВ ДЛЯ ПРОТОТИПИРОВАНИЯ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ.....	87
<b>Т.Е. Григорьева, С.А. Панов</b> АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕКТРОННЫХ ДОКУМЕНТОВ .....	90
<b>А.П. Сайнакова, Т.Е. Григорьева</b> МОДЕЛИРОВАНИЕ СРАВНЕНИЯ ДВУХ ВИДОВ ПЛАТЕЖЕЙ ПО КРЕДИТУ В БАНКЕ .....	93
<b>М.И. Кочергин</b> ОБЗОР ИНСТРУМЕНТОВ ДЛЯ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ .....	96
<b>В.И. Маковкин</b> НЕЙРОСЕТЕВАЯ МОДЕЛЬ ТРЕХМЕРНОЙ ПОВЕРХНОСТИ С ИНТЕРПОЛЯЦИЕЙ КООРДИНАТ .....	99

<i>А.А. Мельник, Л.А. Гембук</i>	
ИНТЕРАКТИВНОЕ УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ТЕОРИЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ И ИНТЕГРАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ».....	102
<i>С.А. Панов</i>	
КЛАССИФИКАЦИЯ КОМПОНЕНТОВ ПОДСИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ПОДДЕРЖКИ ЭКСПЕРИМЕНТОВ .....	104
<i>В.М. Дмитриев, Т.В. Ганджа, С.А. Панов</i>	
МНОГОУРОВНЕВАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ РЕГУЛЯТОРА МЕТОДОМ ЦИГЛЕРА–НИКОЛЬСА .....	107
<i>А.С. Репкин, Д.Т. Нугманов, П.В. Перминов, Л.Д. Сеитбекова</i>	
РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ОЦЕНИВАНИЯ ОТВЕТОВ СТУДЕНТОВ НА ОСНОВЕ ПЛАГИНА STACK СИСТЕМЫ MOODLE .....	110
<i>П.А. Рыскаленко</i>	
РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ОПТИЧЕСКИЕ НАПРАВЛЯЮЩИЕ СРЕДЫ» .....	113
<i>А.С. Репкин, Д.Т. Нугманов, П.В. Перминов, Л.Д. Сеитбекова</i>	
ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ ТИПОВЫХ ВОПРОСОВ СИСТЕМЫ ОБУЧЕНИЯ MOODLE ДЛЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН .....	115
<i>Ю.В. Шабля, В.С. Мельман</i>	
АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА РАЗРАБОТКИ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ И КОНТРОЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМ МАХИМА И LATEX .....	118
<i>М.В. Шин</i>	
ПОДХОДЫ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПЛАНИРОВАНИЯ ФИНАНСОВЫХ ЗАТРАТ НА ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ И СООРУЖЕНИЙ СВЯЗИ.....	120

#### **ПОДСЕКЦИЯ 3.4**

##### **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 «СибирьСофтПроект»*

<i>И.А. Богданов, А.А. Алтынов, М.В. Киргина</i>	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СВОЙСТВ ДИЗЕЛЬНЫХ ТОПЛИВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ .....	123
<i>Э.Р. Ахметшина, Р.М. Хисматуллин, В.В. Березин, Р.М. Смолкин</i>	
КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИЗГОТОВЛЕНИЕ ТОПЛИВНОЙ ФОРСУНКИ МАЛОГАБАРИТНОГО ТРД НА FDM-ПРИНТЕРЕ .....	125

<b>Д.Е. Барков</b>	
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВЫПАРНОГО АППАРАТА В ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ОТРАБОТАННОГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА .....	127
<b>А.А. Белослудцева, Л.Д. Баркалов</b>	
МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУР ГЦК РЕШЕТОК ДЛЯ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ БЛИЖНЕГО ПОРЯДКА.....	129
<b>И.С. Голубчикова</b>	
АППРОКСИМАЦИЯ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ ПОСРЕДСТВОМ ДИСКРЕТНОГО ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ.....	132
<b>Н.Е. Курбанова, О.И. Демченко</b>	
МОДЕЛИРОВАНИЕ ОМИЧЕСКИХ КОНТАКТОВ К СВЧ AlGaN/GaN-HEMT .....	135
<b>М.С. Зайцев</b>	
ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СУШКИ КИРПИЧА .....	138
<b>М.В. Карманова</b>	
ТОПОГРАФИЧЕСКИЙ ПЛАН КАК ОСНОВА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ГИС-МОДЕЛЕЙ МЕСТНОСТИ, ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ РЕГИОНАЛЬНОГО И МУНИЦИПАЛЬНОГО УРОВНЕЙ .....	141
<b>О.А. Кожуховская, П.И. Бидюк, А.Д. Кожуховский, И.Б. Пудло</b>	
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПЛАТЕЖЕСПОСОБНОСТИ КЛИЕНТОВ БАНКОВСКИХ УЧРЕЖДЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ СКОРИНГОВОГО МЕТОДА .....	144
<b>А.А. Кондрашов, К.П. Гладкая, А.А. Железнов</b>	
МОДЕЛЬ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ МАНИПУЛЯТОРА.....	148
<b>Н.Я. Корнилов</b>	
АЛГОРИТМ РАСПОЗНАВАНИЯ ДИКТОРА ПО ГОЛОСУ .....	151
<b>Н.А. Котельникова</b>	
НАХОЖДЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОХОДКИ ЧЕЛОВЕКА .....	154
<b>А.С. Кравец</b>	
ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫЯВЛЕНИЯ ИСКАЖЕНИЯ ФОРМЫ СВЧ-ИМПУЛЬСОВ ПРИ ИХ ПРОХОЖДЕНИИ И ОТРАЖЕНИИ ОТ ПЛАЗМЫ НА УСТАНОВКАХ ТИПА ТОКАМАК.....	157
<b>О.П. Мусиенко, К.В. Курьянович</b>	
ТЕКСТУРА ИЗОБРАЖЕНИЙ ЛОКАЛИЗОВАННЫХ ПОЛЕЙ ОБЛАЧНОСТИ НА ФОНЕ ЛЕДОВОГО И СНЕЖНОГО ПОКРОВОВ ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ MODIS.....	159
<b>И.С. Надеждин</b>	
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОГО ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ ВОДЫ .....	161

<i>А.Р. Перисаев</i>	
К ВОПРОСУ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ОБЖИГА МОЛИБДЕНОВОГО КОНЦЕНТРАТА В ПЕЧИ КС .....	164
<i>В.Е. Петренко, Г.С. Тимофеев, В.С. Тынченко</i>	
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВУХКОНТУРНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ИНДУКЦИОННОЙ ПАЙКИ .....	168
<i>А.Е. Резванова</i>	
МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ И АКУСТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ФУЛЛЕРИТА C <sub>60</sub> .....	171
<i>П.В. Сагайдачная</i>	
ДИНАМИЧЕСКАЯ ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ АЛГОРИТМОВ ПЛАНИРОВАНИЯ ДЛЯ КЛАСТЕРНЫХ СИСТЕМ НА СЕТЯХ ПЕТРИ .....	173
<i>Е.В. Свиридова, М.В. Киргина</i>	
СОЗДАНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА «COMPOUNDING» ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ТОВАРНЫХ БЕНЗИНОВ .....	177
<i>Е.Г. Сёма, Н.С. Фроленко, А.В. Тенешев</i>	
МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ЗАГРУЗКИ МАЛЫХ ГЭС И ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПАО «МРСК СИБИРИ – «ХАКАСЭНЕРГО» .....	180
<i>Р.М. Хисматуллин, В.В. Березин, Р.М. Смолкин, Э.Р. Ахметшина</i>	
МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕНА СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ДИЗЕЛЬНОГО ДВС .....	182
<i>А.А. Шевелева</i>	
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ НА ОСНОВЕ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕОРИИ ГРАФОВ .....	184

### **ПОДСЕКЦИЯ 3.5**

#### **ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ**

*Председатель секции – Ходашинский И.А., проф. каф. КИБЭВС, д.т.н.;*  
*зам. председателя – Сарин К.С., ассистент каф. КИБЭВС*

<i>А.Е. Анфилофьев</i>	
КЛАССИФИКАТОР НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ АНГЕЛОВА–ЯГЕРА .....	187
<i>С.Н. Аримпилов, С.А. Ворожцов</i>	
МЕТОД ЧИУ ДЛЯ ОТБОРА ИНФОРМАТИВНЫХ ПРИЗНАКОВ НЕЧЕТКИХ КЛАССИФИКАТОРОВ .....	190
<i>М.Б. Бардамова, В.С. Ковалёв</i>	
СОКРАЩЕНИЕ ОБЪЕМА ВЫБОРКИ ДАННЫХ АЛГОРИТМОМ НА ОСНОВЕ ЭКСТРЕМУМОВ КЛАССОВ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ НЕЧЕТКОГО КЛАССИФИКАТОРА .....	193

<b>И.М. Боков</b>	
ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА РАСПОЗНАВАНИЯ МУЗЫКАЛЬНЫХ НОТ .....	196
<b>А.В. Власенко</b>	
АЛГОРИТМ «ЛЕТУЧЕЙ МЫШИ» ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ НЕЧЕТКОГО АППРОКСИМАТОРА .....	197
<b>И.В. Горбунов</b>	
СРАВНЕНИЕ ПОПУЛЯРНЫХ АЛГОРИТМОВ ПОСТРОЕНИЯ ДЕРЕВЬЕВ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ЗАДАЧИ КЛАССИФИКАЦИИ.....	200
<b>Д.В. Зарипов</b>	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛГОРИТМА «СЕРОГО ВОЛКА» ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ НЕЧЕТКОГО АППРОКСИМАТОРА .....	204
<b>В.С. Ковалев, М.Б. Бардамова</b>	
КЛАСТЕРИЗАЦИЯ АЛГОРИТМОМ «ПРЫГАЮЩИХ ЛЯГУШЕК».....	206
<b>П.А. Ковчунов</b>	
ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ НЕЧЕТКОГО АППРОКСИМАТОРА НА ОСНОВЕ АЛГОРИТМА КРЕАТИВНОГО ОБУЧЕНИЯ .....	209
<b>К.А. Костин</b>	
ДЕТЕКТИРОВАНИЕ ПАТОЛОГИЙ ТУБЕРКУЛЕЗА ЛЕГКИХ ПО ДАННЫМ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ .....	212
<b>В.С. Мельман, Ю.В. Шабля, Д.В. Кручинин</b>	
РАЗРАБОТКА БИБЛИОТЕКИ ПО РАБОТЕ С ПРОИЗВОДЯЩИМИ ФУНКЦИЯМИ В МАТЕМАТИЧЕСКОМ ПАКЕТЕ «МАТХЕМАТИСА».....	215
<b>С.С. Самсонов</b>	
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ СЛОЖНОСТЬ АЛГОРИТМА ОБЕЗЬЯН .....	218
<b>М.О. Светлаков</b>	
ГЕНЕРАЦИЯ НАЧАЛЬНОЙ БАЗЫ НЕЧЕТКОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ АЛГОРИТМА DBSCAN .....	220
<b>А.О. Слезкин</b>	
ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ НЕЧЕТКОГО КЛАССИФИКАТОРА НА ОСНОВЕ АЛГОРИТМА «СТАИ ЛАСТОЧЕК» .....	223
<b>Ю.А. Сорокина</b>	
ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ АЛГОРИТМА «МОЗГОВОЙ ШТУРМ» ПРИ ПОСТРОЕНИИ НЕЧЕТКОГО АППРОКСИМАТОРА .....	226
<b>И.В. Филимоненко</b>	
СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ АЛГОРИТМА ОПТИМИЗАЦИИ «KRILL HERD» НА НЕЧЕТКИХ МОДЕЛЯХ ТИПА ТАКАГИ–СУГЕНО И СИНГЛТОН .....	230
<b>И.В. Филимоненко</b>	
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ МЕТАЭВРИСТИКИ «KRILL HERD» НА РЕЗУЛЬТАТ ОПТИМИЗАЦИИ НЕЧЕТКИХ МОДЕЛЕЙ ТИПА СИНГЛТОН .....	233

<b><i>М.В. Мейта, В.В. Шиповской</i></b>	
ОБЗОР ЗАДАЧИ АНАЛИЗА ТОНАЛЬНОСТИ ТЕКСТА .....	236
<b><i>М.В. Мейта, В.В. Шиповской</i></b>	
АНАЛИЗ ТОНАЛЬНОСТИ РУССКОЯЗЫЧНОГО ТЕКСТА В СИСТЕМЕ МИКРОБЛОГОВ ТВИТТЕР.....	238
<b><i>Б.В. Ширяев</i></b>	
ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ВИЗУАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СВЧ-ЭЛЕКТРОНИКИ .....	241
<b><i>И.А. Юдин, И.Г. Ханьков</i></b>	
МОДЕЛЬ РАСПОЗНАВАНИЯ ДОРОЖНЫХ ЗНАКОВ И ПЕШЕХОДОВ В ВИДЕОПОТОКЕ.....	244



*Научное издание*

**Материалы  
Международной научно-технической конференции  
студентов, аспирантов и молодых ученых  
«Научная сессия ТУСУР–2017»,  
посвященной 55-летию ТУСУРа**

**10–12 мая 2017 г., г. Томск**

**В восьми частях**

Часть 4

Корректор – **В.Г. Лихачева**  
Верстка **В.М. Бочкаревой**

---

Издательство «В-Спектр».  
Сдано на верстку 20.03.2017. Подписано к печати 25.04.2017.  
Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Печать трафаретная. Печ. л. 16.  
Тираж 100 экз. Заказ 8.

---

ТУСУР, г. Томск, пр. Ленина, 40, к. 205, т. 70-15-24  
(записано 680 CD-дисков с электронными версиями всех частей сборника  
для нужд всех структурных подразделений университета и авторов)

Издательство «В-Спектр».  
634055, г. Томск, пр. Академический, 13–24, т. 49-09-91  
E-mail: [bvm@sibmail.com](mailto:bvm@sibmail.com)